MODULUL 1. PRODUCŢIE. SISTEME DE FABRICAŢIE

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Ce este producţia;
- Ce este fabricaţia;
- Care este diferenţa dintre producţie şi fabricaţie;
- Care este structura generală a sistemelor de fabricaţie;
- Ce se înţelege prin flexibilitate;
- Care sunt caracteristicile fabricaţiei în serie, respectiv ale fabricaţiei flexibile şi care sunt condiţiile funcţionării automate
- Informarea studentului cu privire la evoluţia temporală a sistemelor de fabricaţie.

CUVINTE CHEIE:

Producţie, fabricaţie, sisteme de fabricaţie, flexibilitate, condiţii ale fabricaţiei.

CUPRINSUL MODULUI:

1.1. Noţiuni introductive
1.2. Structura generală a sistemelor de fabricaţie
1.3. Condiţiile fabricaţiei în serie
1.4. Condiţiile fabricaţiei flexibile
1.5. Adecvarea mijloacelor de producţie la fabricaţie de serie flexibilă
1.6. Condiţiile funcţionării automate
1.7. Istoric al sistemelor de fabricaţie

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

1.1. Noţiuni introductive

Funcţia generală a producţiei este de a asigura producerea de bunuri materiale, spirituale şi de servicii necesare consumatorilor.

Definiţie. Prin producţie se înţelege suma tuturor activităţilor care presupun transformări de bunuri materiale sau servicii prin consum de forţă de muncă (input-uri) în (alte) bunuri materiale sau servicii (output-uri), în scopul satisfacerilor unor necesităţi.

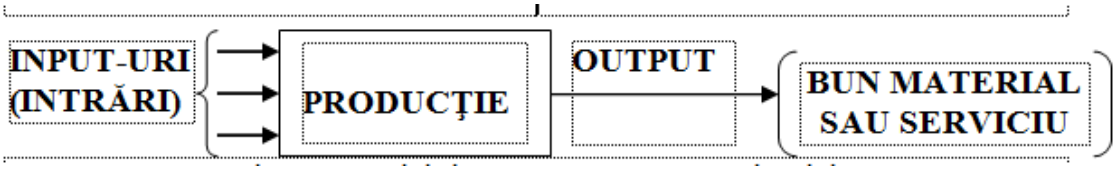


Fig.1.1.Model de reprezentare a producţiei

Intrările sunt reprezentate de factorii primari ai producţiei adică acele elemente indispensabile oricărui proces de producţie.

Factorii primari (indispensabili) ai producţiei sunt:

- obiectele muncii – acele obiecte asupra cărora se acţionează pentru a le transforma în produse de care are nevoie;
- mijloacele de muncă – instrumentele, cu care oamenii acţionează asupra obiectului muncii pentru a-l transforma în produs finit;
- forţa de muncă – acceptată ca fiind totalitatea aptitudinilor fizice şi intelectuale de care dispune organismul uman şi pe care le pune în funcţionare omul atunci când produce;
- energie.

În cadrul producţiei intră mai multe activităţi:

1. depistarea necesităţilor prin prospectarea pieţei – marketing;
2. stabilirea concepţiei constructive şi/sau tehnologice a produsului prin – proiectare (design);
3. fabricaţia – totalitatea activităţilor pentru realizarea concretă a unui produs (bun material sau serviciu), prin consum de bunuri materiale sau servicii, forţă de muncă şi energie;

4. vânzarea - desfacerea produsului (bun material sau serviciu), se consumă atât forţă de muncă cât şi alte servicii, pentru a putea desfăşura normal vânzarea;
5. servicii după vânzare, exemplu : întreţinere, reparaţii, asigurări de up-grade, etc.
6. reciclarea produsului;
7. activitatea organizatorică pentru corelarea tuturor acestor activităţi – management.

Activitatea de management constituie un liant, un integrator optimal al celorlalte şase activităţi.

Definiţie :Prin proces de fabricaţie se înţelege totalitatea activităţilor care concură la fabricaţie.

În cadrul procesului de fabricaţie apar două tipuri de operaţii şi anume :

- operaţii de prelucrare şi respectiv
- operaţii de manipulare

Operaţiile de prelucrare sunt acele componente ale procesului de fabricaţie în care obiectul muncii îşi schimbă forma, starea de agregare, structura sau calitatea suprafeţei.

Operaţiile de manipulare sunt acele componente ale procesului de fabricaţie prin care obiectul de lucru îşi schimbă situarea (poziţia şi orientarea în spaţiu).

Se face observaţia că obiectul manipulat poate fi obiect de lucru, sculă, dispozitiv, deşeuri, etc.

Tot în cadrul operaţiilor de manipulare sunt incluse şi operaţiile în urma cărora se obţine informaţii despre obiectul manipulat, cum ar fi : operaţiile de măsurare, control, etc.

În acest context - şi pe tot parcursul cărţii - noţiunea de prelucrare se utilizează în sens larg - având ca şi conţinut "acţiunea asupra obiectului de lucru" incluzând însă şi asamblare/dezasamblare.

Funcţie de modalitatea de participare a operatorului uman în cadrul procesului de fabricaţie, acesta poate fi clasic, mecanizat şi respectiv automat.

Astfel, se vorbeşte despre proces de fabricaţie clasic atunci când factorul esenţial – atât în cadrul operaţiilor de prelucrare, cât şi în acelor de manipulare - în desfăşurarea procesului de fabricaţie este operatorul uman.

Procesul de fabricaţie mecanizat se caracterizează prin folosirea unor surse de energie artificială, exterioară, a unor dispozitive, scule şi maşini de lucru, astfel încât efortul fizic al operatorului uman să fie redus, iar prezenţa sa să fie necesară doar în activităţile de comandă a

procesului.

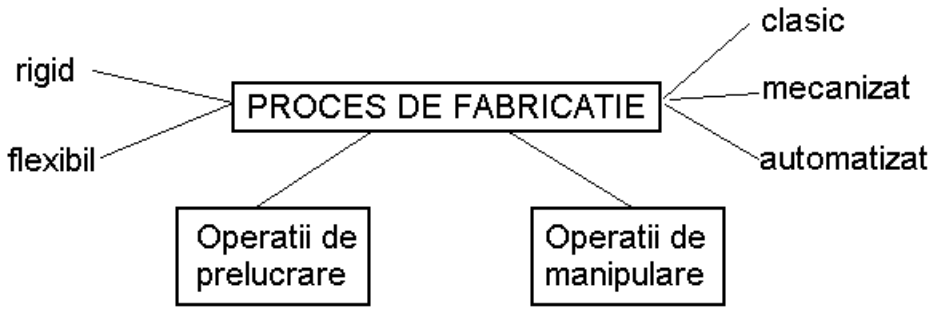


Fig.1.2. Reprezentare a procesului de fabricaţie

Procesul de fabricaţie automatizat are ca şi caracteristică principală neparticiparea operatorului uman la conducerea şi desfăşurarea operaţiilor din cadrul procesului de fabricaţie, rolul său fiind acela de supervizor (de supraveghere) a procesului.

Una din cele mai importante caracteristici ale procesului de fabricaţie o reprezintă flexibilitatea.

Definiţie: Flexibilitatea unui proces de fabricaţie se defineşte ca fiind calitatea sistemului de fabricaţie aferent de a răspunde eficient la circumstanţe schimbătoare: *de stare* când sistemul funcţionează în condiţii variate cum sunt: ordinea operaţiilor, trasee diferite, volum schimbător al producţiei etc. şi *de acţiune*, care se referă la volumul schimbărilor necesare pentru modificarea condiţiilor la maşina de lucru, la dispozitivele de lucru etc.

Astfel se vorbeşte de proces de fabricaţie rigid atunci când pentru trecerea de la un produs la altul trebuie să se investească cheltuieli materiale şi de muncă mare.

În caz contrar, atunci când trecerea de la fabricarea unui produs la altul se face cu cheltuială minimă vorbim de un proces de fabricaţie flexibilă.

1.2. Structura generală a sistemelor de fabricaţie

Definiţie. Prin sistem de fabricaţie se înţelege totalitatea mijloacelor materiale şi componente nemateriale care concură la realizarea unui produs şi care sunt grupate în timp şi în spaţiu într-un mod bine determinat.

Deoarece între un anumit proces de fabricaţie şi sistemul de fabricaţie corespunzător

există o corespondenţă biunivocă bine determinată, se poate trece la o clasificare a sistemului de fabricaţie similară cu cea a procesului de fabricaţie.

Astfel figura 1.2. va apărea sub următoarea formă:

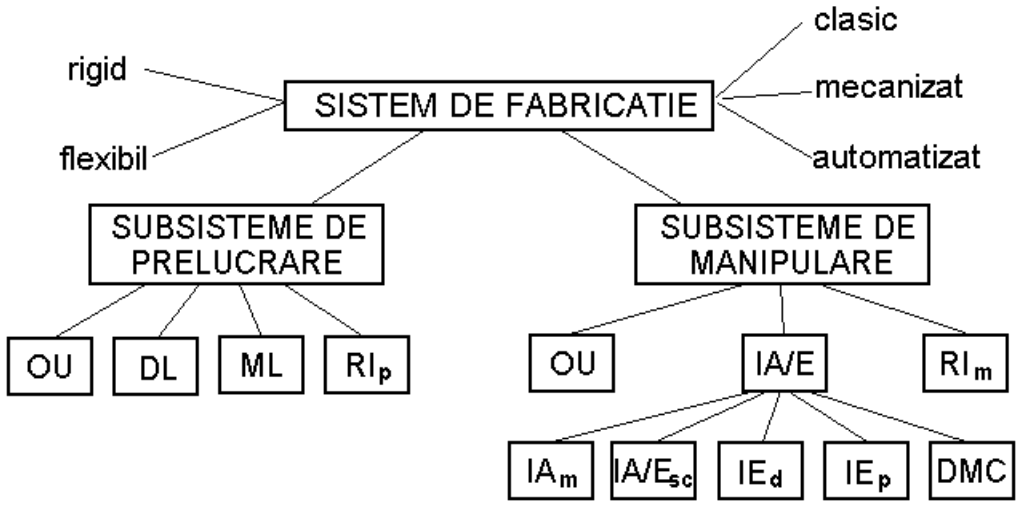


Fig.1.3. Reprezentarea structurală a sistemului de fabricaţie

Deci în cazul unui sistem de fabricaţie apar două tipuri de subsisteme şi anume :

- subsistemul de prelucrare realizează, în general, operaţiile de prelucrare; în componenţa sa intră operatorul uman (O.U.), dispozitive de lucru (D.L.), maşini de lucru (M.L.) şi roboţii industriali de prelucrare (R.I.p) ;
- subsistemul de manipulare realizează operaţiile de manipulare specifice procesului de fabricaţie; este constituit din operator uman (O.U.), roboţi industriali de manipulare (R.I.m) respectiv instalaţii aducătoare şi de evacuare (I.A/E.), care la rândul lor pot fi instalaţii aducătoare de materiale şi materii prime (I.A.m) instalaţii aducătoare şi de evacuare scule şi dispozitive (I.A/Esc), instalaţii de evacuat deşeuri (I.E.d), instalaţii de evacuat piese finite (I.E.p) respectiv dispozitive de măsură şi control (D.M.C.).

Similar procesului de fabricaţie, sistemul de fabricaţie se clasifică în sistem clasic, mecanizat şi respectiv automat, în funcţie de implicarea operatorului uman (O.U.) în cadrul sistemului de fabricaţie.

În cazul în care subsistemul de manipulare are în componenţa sa doar operatorul uman

sau cu alte cuvinte atunci când O.U. realizează toate funcţiile subsistemului de manipulare, atunci se vorbeşte despre un sistem de fabricaţie clasic.

În cazul în care operatorul uman intervine prin comandă manuală, iar operaţiile de manipulare sunt realizate de IA/E, atunci sistemul de fabricaţie este unul mecanizat.

Sistemele de fabricaţie, care nu prezintă în structura lor operatori umani, funcţiile de conducere fiind preluate de către sisteme de conducere avansate, se numesc sisteme de fabricaţie automatizate.

În cazul în care schimbarea sarcinii de fabricaţie este facilă şi acest fapt se datorează caracterului universal al componentelor sistemului de fabricaţie se spune despre acel sistem că prezintă proprietăţi de flexibilitate. În caz contrar, la o schimbare dificilă a sarcinii de fabricaţie sistemul prezintă proprietăţi de rigiditate.

Observaţie. Problema flexibilităţii se complică cu creşterea numărului de tipuri de produse şi cu creşterea numărului de tipodimensiuni a unui produs.

Astfel în figura 1.4. se prezintă funcţie de numărul produse/an şi numărul de tipodimensiuni/an, când se pretează fabricaţia rigidă şi când cea flexibilă, pentru ca fabricaţia să fie rentabilă.

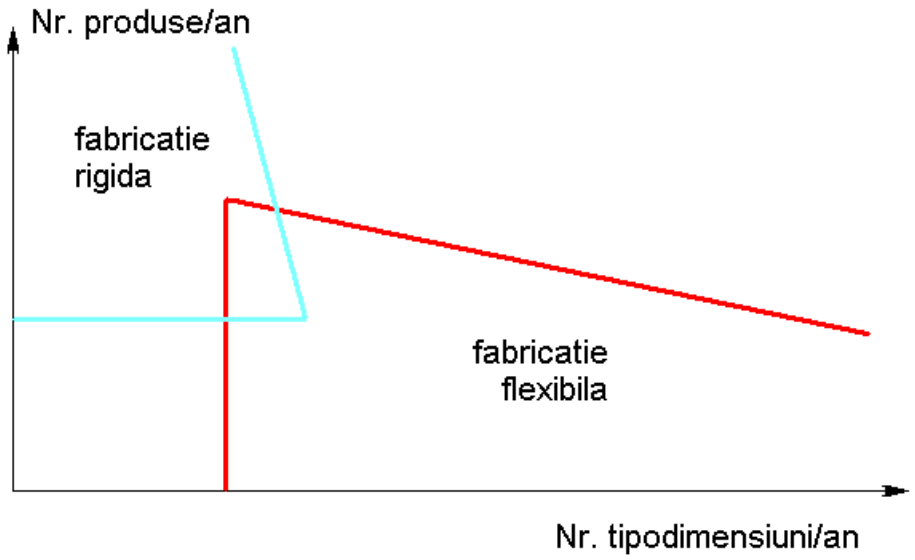


Fig.1.4. Reprezentarea tipului de fabricaţie funcţie de nr. de produse/an şi nr. tipodimensiuni/an

În figura 1.5. se prezintă corelaţia dintre gradul de flexibilitate a sistemului şi nivelul de evoluţie a sistemului (clasic, mecanizat, automat) şi respectiv corelaţia dintre productivitate şi nivelul de evoluţie a sistemului.

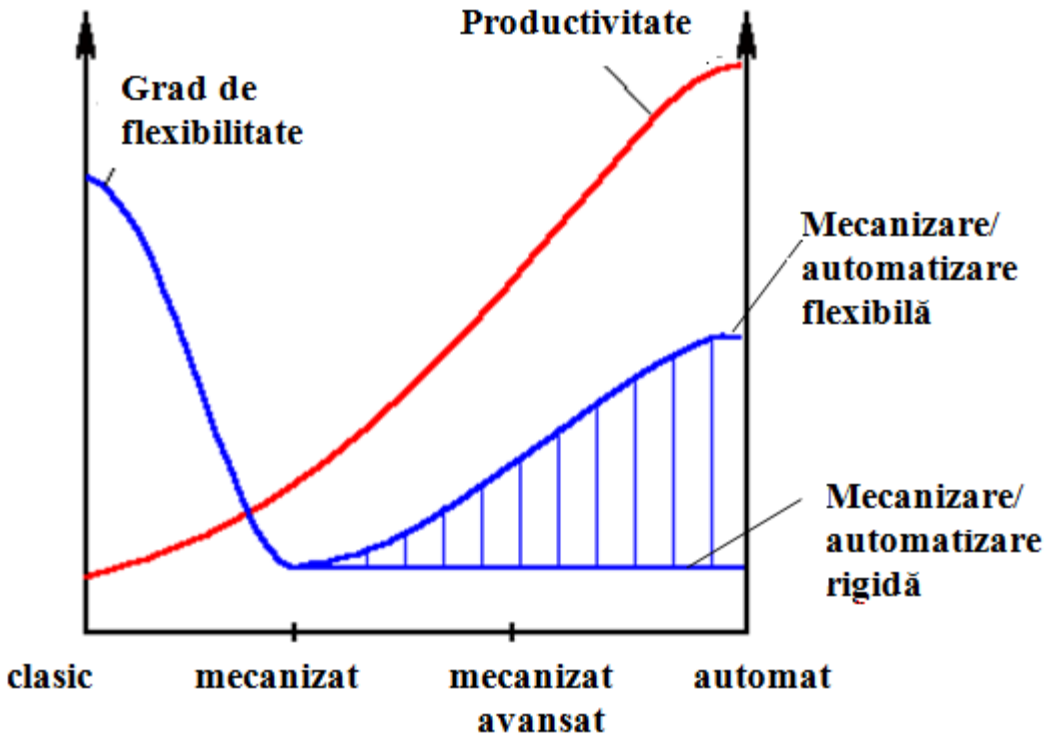


Fig.1.5. Corelaţia dintre gradul de flexibilitate a sistemului şi nivelul de evoluţie a sistemului

Se observă o creştere a productivităţii funcţie de evoluţia sistemului de fabricaţie, dar se observă că automatizarea nu presupune implicit şi o creştere a flexibilităţii.

După cum se preciza în definiţia sistemului de fabricaţie, mijloacele materiale şi componentele nemateriale cu ajutorul cărora se realizează un produs, trebuie să fie grupate în spaţiu, într-un mod bine determinat. Gruparea spaţială a acestora se prezintă în figura 1.6.

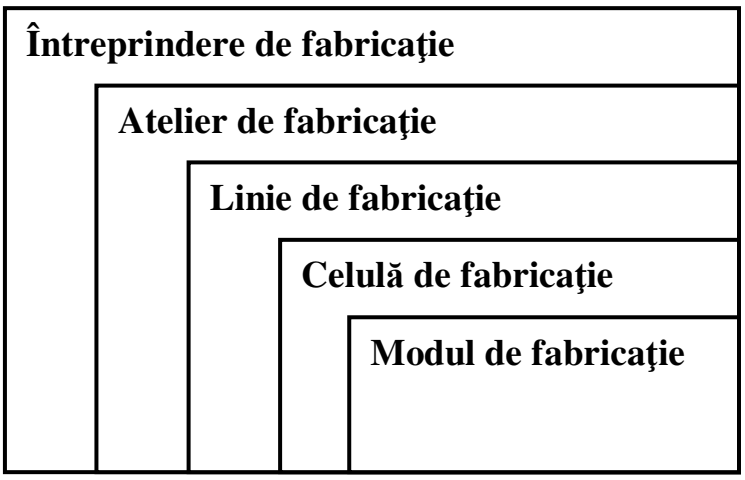


Fig.1.6. Gruparea în spaţiu a componentelor SFF

Unitatea de bază este reprezentată de modulul de fabricaţie materializat printr-un post de lucru. Mai multe module de fabricaţie formează celula de fabricaţie, mai multe celule de fabricaţie materializează linia de fabricaţie ş.a.m.d.

1.3. Condiţiile fabricaţiei în serie

Definiţie. Seria de fabricaţie se defineşte ca fiind o mulţime de obiecte similare la care se execută aceleaşi operaţii de prelucrare şi de regulă în aceeaşi succesiune dată, pe mai multe mijloace de producţie.

Seria de fabricaţie se divide pe loturi de fabricaţie.

Definiţie. Lotul de fabricaţie se defineşte ca fiind o mulţime finită de obiecte similare, la care sarcina de fabricaţie constă din aceeaşi succesiune de operaţii la fiecare obiect, această sarcină executându-se pe un singur mijloc de producţie, după care întreg lotul se mută la alt mijloc de producţie.

Fabricaţia de serie se poate desfăşura în mai multe variante:

- fabricaţia în serie paralelă se caracterizează prin aceea că cele două fluxuri de materiale A şi B se "scurg" (parcurg) în succesiunea prezentată în figura 1.7, de la mijlocul de producţie 1a spre 3a şi respectiv 1b-2b-3b.

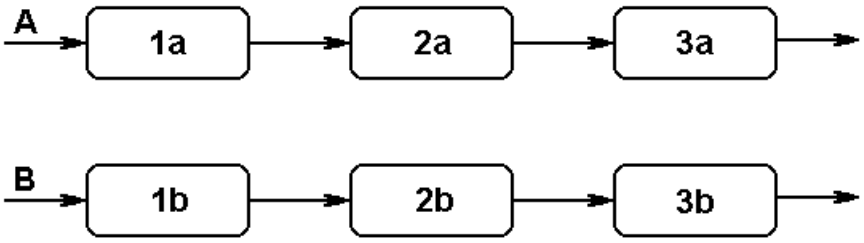


Fig.1.7. Succesiunea de parcurgere a fluxurilor de materiale
A şi B în cazul fabricaţie în serie paralelă

După cum se observă în acest caz nu se poate vorbi de flexibilitate, deoarece atunci când nu se produce piesa B linia de mijloc de producţie aferentă lui stă.

- fabricaţia în serie alternativă – caracteristic acestui tip de fabricaţie este utilizarea alternativă a mijloacelor de fabricaţie pentru parcurgerea produselor A respectiv B, figura 1.8.

Se face observaţia necesităţii adecvării mijloacelor de producţie, atât seriei A cât şi seriei B, dacă această adecvare poate fi realizată cu costuri minime atât materiale cât şi umane, fabricaţia este flexibilă.

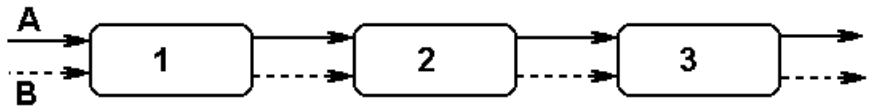


Fig.1.8. Succesiunea de parcurgere a fluxurilor de materiale
A şi B în cazul fabricaţie în serie alternativă

- fabricaţia de serie mixtă*: s*eriile se fabrică simultan, astfel încât unele mijloace de producţie sunt rezervate numai unei serii, iar altele sunt destinate ambelor serii, după cum se poate observa şi din figura 1.9.

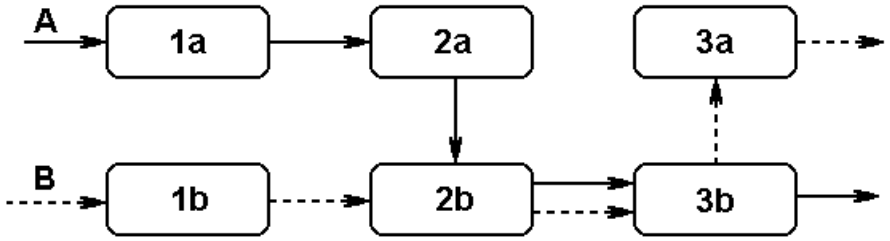


Fig.1.9. Succesiunea de parcurgere a fluxurilor de materiale
A şi B în cazul fabricaţie în serie mixtă

Succesiunea produselor la mijloacele de producţie 2b şi 3b este aleatoare ceea ce impune flexibilitate. Se face observaţia că într-o fabricaţie modernă, cel mai frecvent utilizată este fabricaţia mixtă.

1.4. Condiţiile fabricaţiei flexibile

Dacă flexibilitatea se defineşte ca fiind calitatea unui sistem de a răspunde eficient la circumstanţele schimbătoare: de stare şi respectiv de acţiune, în cazul fabricaţiei clasice se întâlneşte în general noţiunea de elasticitate tehnologică.

Flexibilitatea fabricaţiei prezintă mai multe categorii:

a)Flexibilitatea de utilizare (Fu) reprezintă capacitatea unui sistem de fabricaţie de a realiza un anumit număr de sarcini de fabricaţie dintr-o mulţime de sarcini de fabricaţie posibile:

$$F_u = \frac{S_R}{S_T} \leq 1 \qquad (1.1)$$

unde : SR - numărul sarcinilor de fabricaţie pe care le poate executa sistemul considerat;

ST - numărul total al sarcinilor de fabricaţie.

b) Flexibilitatea de adaptare (FA) reprezintă capacitatea mijloacelor de producţie ce constituie sistemul de a se adapta la diferite sarcini de fabricaţie şi se apreciază valoric :

$$F_A = \frac{V}{C_{A_i}} \qquad (1.2)$$

unde : C_{Ai}-cheltuielile necesare realizării sarcinii i;

V-valoarea mijloacelor de producţie incluse în sistem.

Cu cât flexibilitatea de adaptare este mai mare cu atât sistemul este mai flexibil.

Adaptarea se poate realiza prin:

- transformare – înlocuirea unor elemente funcţionale a mijloacelor de producţie cu altele;
- modificare – selectarea pentru un anumit proces a unor elemente funcţionale dintr-o mulţime existentă;
- reglare – se înţelege adaptarea ce se face prin modificarea caracteristicilor elementelor funcţionale;
- reechipare.

c) Flexibilitatea de acces este capacitatea unui anumit mijloc de producţie de a accepta să fie străbătut de un anumit flux de fabricaţie.

$$F_{ac} = \frac{N_r}{N_f} \qquad (1.3)$$

unde : N_r – numărul fluxurilor de fabricaţie ce pot trece prin utilajul respectiv;

N_f – numărul total al fluxurilor de fabricaţie.

d) Flexibilitatea de redundanţă este capacitatea unui sistem de fabricaţie de a avea la dispoziţie mai multe mijloace de producţie pentru aceeaşi sarcină tehnologică.

$$F_{red} = \frac{N_{pr}}{N_p} \qquad (1.4)$$

unde : N_{pr} – numărul posturilor de lucru care pot efectua aceeaşi sarcină de fabricaţie în mai multe variante ale traseului tehnologic ;

N_p – numărul total a posturilor de lucru.

e) Flexibilitatea de modificare structurală reprezintă capacitatea sistemului de a-şi modifica structura, în funcţie de sarcina tehnologică (extindere, restructurare, modificarea amplasamentelor maşinilor de lucru).

$$F_{st} = \frac{n_{str}}{n_{stt}} \qquad (1.5)$$

unde : n_{str} - numărul variantelor de structură realizabile din punct de vedere practic;

n_{stt} - numărul total al variantelor structurale posibil matematic pentru sistemul respectiv.

f)Flexibilitate de stocaj reprezintă capacitatea sistemului de a permite acumularea unui număr de produse între două mijloace de producţie care funcţionează cu capacităţi diferite.

$$Fstocaj=C_i-C_{i+1} \qquad (1.6)$$

unde : C_i, C_{i+1} – capacitatea de fabricaţie ale mijloacelor de producţie “i” şi respectiv “i+1” în unitatea de timp.

g) Flexibilitatea de programare reprezintă capacitatea sistemului de a accepta programe de conducere de o varietate cât mai mare dintr-o mulţime de programe.

$$F_{ac} = \frac{n_{prr}}{n_{prt}} \qquad (1.7)$$

unde : n_{prr} - numărul real de programe acceptate de sistemul de fabricaţie flexibilă;

n_{prt} - numărul total de programe posibile.

În concluzie flexibilitatea unui sistem de fabricaţie presupune:

1 - o structură variabilă;

2 - posibilitatea schimbării, înlocuirii, reglării unor subsisteme funcţie de sarcinile de fabricaţie şi

3 - programabilitatea/reprogramabilitatea mijloacelor de producţie.

1.5. Adecvarea mijloacelor de producţie la fabricaţie de serie flexibilă

Definiţie. Prin adecvare se înţelege gradul în care proprietăţile mijlocului de producţie corespund cu cerinţele impuse de fabricaţia de serie flexibilă.

Adecvarea este necesar a fi privită din două puncte de vedere :

- tehnic;
- economic.

Adecvarea tehnică se necesită a fi concretizată ţinând seama de două categorii de consideraţii şi anume: calitative respectiv cantitative.

În cazul în care se au în vedere consideraţiile calitative este necesar a se stabili dacă:

- mijloacele de producţie se pot adecva modului în care se realizează prelucrarea (exemplu : trecerea de la strunjire exterioară la cea interioară);
- se pot realiza cicluri de funcţionare diferite;
- mijlocul de producţie poate fi interconectat cu alte mijloace de producţie.

Considerentele cantitative sunt legate în principal de:

- sarcina de fabricaţie (exemplu: dacă seria A fiind compusă din piese de ϕ 100 mm, iar seria B din piese de ϕ 500 mm se analizează posibilităţile trecerii de la prelucrarea prin aşchiere a pieselor de ϕ100 mm la cele de ϕ 500 mm).
- proces, funcţie de puteri, viteze, avansuri, precizie, calitate, etc.

În cazul adecvării economice se analizează în principal următoarele aspecte legate de fabricaţie:

- capacitatea de fabricaţie (în acest caz întrebarea care se pune este următoarea: “Se poate fizic realiza trecerea de la fabricarea seriei A la fabricarea seriei B în condiţii economicoase ?”)
- disponibilitatea în timp (exemplu: deşi capacitatea de fabricaţie este adecvată, temporar aceasta nu este disponibilă din cauza reparaţiilor);
- utilizarea mijloacelor de producţie, aspect ce poate fi privit atât din punct de vedere cantitativ, cât şi din punct de vedere calitativ.

Utilizarea mijloacelor de producţie poate fi tratată cantitativ şi anume utilizare în timp, respectiv prin intensificarea regimurilor (exemplu: se analizează dacă mijlocul de producţie poate trece de la seria A la B prin intensificarea regimului) sau calitativ prin utilizarea posibilităţilor graduale sau alternative.

1.6. Condiţiile funcţionării automate

Principala caracteristică a unui proces de fabricaţie automatizat o reprezintă neparticiparea operatorului uman la conducerea şi desfăşurarea operaţiilor din cadrul procesului de fabricaţie, rolul său fiind acela de supervizor (de supraveghere) al procesului.

Definiţie. Prin automatizare se înţelege organizarea unui proces de fabricaţie astfel încât participarea operatorului uman la desfăşurarea procesului să nu aibă loc nici într-un mod continuu, nici într-un ritm impus.

Condiţiile funcţionării automate a unui proces de fabricaţie se prezintă sintetic în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1. Condiţiile funcţionării automate a unui proces de fabricaţie

Categorii de operaţii de executat	Soluţii tehnice	Măsuri organizatorice
Acţiunea sculei asupra obiectului: - mişcarea relativă; - variabilitatea parametrilor procesului.	Automatizarea acţionării	Realizarea acţionării
Conducerea procesului: - transmiterea comenzii; - culegerea informaţiilor de stare.	Informatizare	Integrarea din punct de vedere informaţional a subsistemelor
Manipularea obiectelor de lucru	Logistică internă	Integrarea fluxului material
Adaptarea mijloacelor de producţie la sarcini variabile	Reechipare automată	Realizarea condiţiilor de flexibilitate

Dacă se analizează tipurile de activităţi ale operatorului uman executate în cadrul unui sistem clasic şi modul în care se poate automatiza fiecare activitate în parte se obţin următoarele grupe:

1. manipularea obiectelor de lucru se poate automatiza prin alegerea instalaţiei aducătoare/ de evacuare IA/E sau/şi a unui robot (manipulator) respectând condiţia ca sistemul să prezinte un plan de amplasament adecvat;
2. comanda mijloacelor de producţie care efectuează prelucrare se poate automatiza sub două aspecte şi anume prin automatizarea comenzilor de pornire/oprire şi respectiv prin automatizarea propriu-zisă a desfăşurării prelucrării;
3. automatizarea controlului şi verificării calităţii se realizează prin automatizarea operaţiilor de măsurare şi control (posturi integrate în sistem, control activ, posturi separate de sistem);
4. efectuarea unor operaţii auxiliare procesului: automatizarea evacuării şpanului,

automatizarea aducerii materialelor auxiliare;

5. supravegherea şi întreţinerea se automatizează cu ajutorul programelor de monitorizare, diagnoză.

Postulatele fabricaţiei flexibile automate sunt:

a) integrabilitatea: permite realizarea legăturilor între sisteme. Ea se referă atât la componentele sistemului cât şi la fluxurile de materiale, energie şi respectiv informaţie;

b) adaptabilitatea: permite adaptarea sistemului la diferite sarcini de fabricaţie prin acţiuni suplimentare de modificări în sistem;

c) adecvarea: permite adaptarea sistemului la diferite sarcini de fabricaţie fără intervenţii suplimentare în sistem;

d) concepţia dinamică: permite realizarea unor modificări structurale ale sistemului.

1.7. Istoric al sistemelor de fabricaţie

Primii germeni ai sistemelor de fabricaţie apar atunci când începe să se desprindă din rândul agricultorilor şi păstorilor o profesiune nouă, aceea a meşteşugarilor.

Astfel primul *modul de fabricaţie* se identifică cu atelierul meşteşugarului, apărut chiar în comuna primitivă.

Această perioadă se caracterizează prin primitivismul uneltelor şi sculelor folosite de meşteşugari. Atelierele cele mai des întâlnite sunt cele de olărit, de producere a podoabele, făurăriile, etc.

În sclavagism, respectiv în feudalism se poate vorbi tot doar de sisteme de fabricaţie "clasice" în care evoluţii apar doar la nivelul sculelor, uneltelor şi dispozitivelor de prelucrat şi mai puţin la nivelul componentelor sistemului. În cadrul atelierului se executa în general un produs în totalitate.

Organizarea ierarhică a celor ce lucrau în cadrul unui atelier era după cum urmează: *meşterul* care era de obicei şi proprietarul atelierului şi a majorităţii bunurilor din cadrul lui ; pe nivelul ierarhic următor se situau *calfele* care aveau în proprietate unele unelte, scule din cadrul atelierului, iar pe ultima treaptă ierarhică se aflau *ucenicii,* cei care învăţau meseria şi care pentru munca prestată li se asigura hrană şi locuinţă.

Pentru a-şi putea reprezenta mai bine interesele în faţa nobililor sau a cetăţii, meşteşugarii se organizează pe specific de activităţi în bresle sau corporaţii.

La începutul perioadei capitaliste, apariţia manufacturilor a însemnat un salt calitativ cât şi cantitativ a producţiei faţă de perioada precedentă.

Dacă în cadrul unui atelier clasic un om realiza un produs de la început până la capăt în cadrul atelierului manufacturier apare diviziunea muncii, adică o specializare pe *faze* a celor ce lucrează.

În tabelul 1.1. se prezintă câteva date importante în evoluţia sistemelor de fabricaţie. Despre o dezvoltare susţinută a sistemelor de fabricaţie se poate vorbi doar din a doua jumătate a sec. al XVIII-lea în Europa occidentală.

Perioada	Caracteristica
1741	Hendy Hindley – Marea Britanie – inventează un indexor diferenţial pentru prelucrarea pinioanelor
1760	Jacques de Vaucanson face primul pas important spre mecanizare prin construcţia strungului industrial prevăzut cu şurub conducător paralel cu arborele conducător;
1760	descoperirea minereului de fier de la Carron – Scoţia utilizat în construcţia tunurilor din fontă pentru nave
1765	generalul francez Jean Baptiste de Gribeauval, inspectorul general al artileriei subliniază explicit necesitatea introducerii standardizării componentelor armelor în vederea uşurării interschimbabilităţii acestora, astfel apărând noţiunea de interschimbabilitate în prima ei variantă sub denumirea de "systéme Gribeauval";
1773	guvernul francez realizează problema datorată de "lacuna tunurilor de fontă" şi creează o comisie de investigare a problemei; ofiţerul Brigadier de la Houliere, trimis în Marea Britanie să studieze problema îi întâlneşte pe fraţii John şi William Wilkinson din Bersham Shropshire cărora le furnizează unele idei;
1774	fraţii Wilkinson inventează prima maşină-unealtă de găurit, dezvoltată pornind de la o nouă metodă de turnare verticală a tunurilor dintr-o singură bucată, care apoi e găurită;
1775	maşina de găurit tunuri este urmată de maşina utilizată în găurirea cilindrilor motorului cu aburi al lui James Watt;
1775	Jesse Ramsden inventează primul strung pentru prelucrat şuruburi pentru instrumente şi ceasuri;
1786	"systéme Gribeauval" a fost utilizat de Honore Blanc – inspector general al arsenalului francez – în producţia de muschete dar odată cu Revoluţia Franceză din 1789

	experimentul încetează;
1790-1800	strungul pentru prelucrarea şuruburilor cu ghidaj, realizat în USA de David Wilkinson; strungul cu roţi de schimb pentru prelucrarea şuruburilor realizat de Senot - Franţa – ce asigura sculei un avans paralel cu şurubul conducător, proporţional cu rotaţia arborelui; strungul de precizie în sarcină pentru prelucrarea şuruburilor prevăzut cu ghidaje V – patentat de Henry Maudslay, Marea Britanie – în 1797;
1830	apare ceasul Jerome
1841	apare secerătoarea McCormick
1848	J.R.Palmer realizează primul micrometru în Franţa
1850	Joseph R. Brown (USA) realizează primul şubler cu vernier cu o precizie de 0,001 inch;
1852	F. Howe ce lucra la Robbins&Lawrence – New England – proiectează prima maşină de frezat universală
1852	apare cositoarea mecanică
1853	Colt – inverntatorul revolverului ce îi poartă numele – construieşte o nouă fabrică în care sunt amplasate peste 1500 de maşini-unelte;
1863	apare bicicleta
1873	C. Spencer brevetează ideea utilizării camelor la maşinile-unelte;
1874	apare maşina de scris
1880	apare turbina cu aburi inventată de Laval şi Parsons;
1886	apare automobilul;
1897	Ch. H. Norton construieşte prima maşină de polizat comercială ce utilizează abrazivi sintetici;
1898	tehnicianul suedez C.E.Johansson realizează primele micrometre ce se pot calibra la o precizie de 0,00001;
1901	Brown&Sharpe realizează prima maşină de frezat universală integral acţionată de motoare electrice;
1911	se publică lucrările bazate pe “managementul ştiinţific” ale lui F. W. Taylor ce au un puternic impact asupra concepţiei managementului;
1916	devine operaţională prima linie de transfer numită “the moving assembly line” la uzinele Ford din Highland Park;
1922	A.O.Smith Company proiectează pentru GM (Buik) prima linie de transfer automată pentru producerea caroseriilor de maşină;

1951	la uzinele Ford din Cleveland sunt integrate toate operaţiile de prelucrare – asamblare a unui motor de autovehicul în aşa numita linie sincronă “synchronous line”;

Tehnologii, dispozitive şi scule noi au apărut într-un număr imprsionant. Astfel, sculele aşchietoare şi materialele din care sunt confecţionate s-au îmbunătăţit într-un ritm foarte accentuat; tehnologiile de turnare şi forjare s-au îmbunătăţit brusc; a apărut metalurgia pulberilor; noi materiale composite au determinat apariţia unor noi tehnologii de fabricaţie; au apărut tehnologii de debitare cu fascicule laser, cu plasmă şi cu jet de apă, etc.

Apariţia şi preţul de fabricaţie tot mai scăzut a computerelor a determinat o adevărată revoluţie în sistemele de fabricaţie. Iar odată cu dezvoltarea tehnologiilor mecatronice au apărut toate “accesoriile” - necesare integrării conducerii de către calculator a unui sistem de fabricaţie – materializate prin senzori şi traductoare.

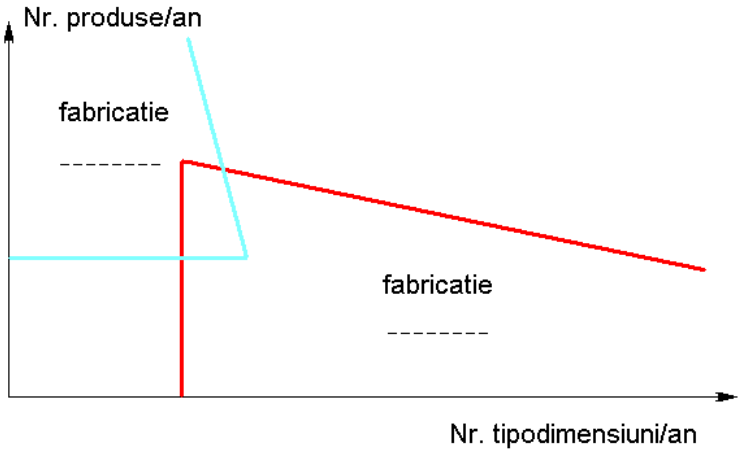
Începând cu anii ’50 o nouă perioadă a apărut perioada dominată de implementarea comenzilor numerice la maşinile unelte, apariţia conceptului de tehnologie de grup şi s-a impus - după 1990 - conceptele C.I.M. (Computer Integrated Manufacturing) urmate de cele post C.I.M. Cu siguranţă zilele de astăzi sunt zilele unui potenţial uriaş pentru schimbare, ale globalizării pieţelor şi economiei, ale dispariţiei barierelor de comunicare prin apariţia societăţii informatizate.

Întrebări de autoevaluare

1. Ce asigura funcţia generală a producţiei?
2. În câte variante se poate desfăşura fabricaţia de serie? Numiţi-le.
3. Cum se defineşte flexibilitatea ?
4. Ce înţelegeţi prin sistem de fabricaţie?

Teste grilă

1. **Identificaţi cărei zone îi este rentabilă fabricaţia rigidă şi cărei zone îi este rentabilă fabricaţia flexibilă**



2. **Producţia include următoarele activităţi:**
   - **a)** *proiectare, management, marketing;*
   - **b)** *vânzarea, fabricaţia, concurenţa;*
   - **c)** *servicii după vânzare, reciclare, fabricaţia.*

3. **Stabiliţi cărei activităţi îi corespunde definiţia corespunzătoare:**

a) depistarea necesităţilor prin prospectarea pieţei	I)fabricaţie
b) totalitatea activităţilor pentru realizarea *concretă* a unui produs (bun material sau serviciu), prin consum de bunuri materiale sau servicii şi forţă de muncă*;*	II) marketing
c) întreţinere, asigurări de up-grade, etc.	III) servicii după vânzare

Soluţii: **1**. Vezi figura1.4 ; **2**. a,b,c ş **3**. a-II , b-I, c-III ;

Rezumat

Definiţie. Prin producţie se înţelege suma tuturor activităţilor ce presupune transformări de bunuri materiale sau servicii prin consum de forţă de muncă (input-uri) în (alte) bunuri materiale sau servicii (output-uri), în scopul satisfacerilor unor necesităţi.

Definiţie :Prin proces de fabricaţie se înţelege totalitatea activităţilor care concură la fabricaţie.

În cadrul procesului de fabricaţie apar două tipuri de operaţii şi anume :

- operaţii de prelucrare şi respectiv
- operaţii de manipulare

Definiţie. Prin sistem de fabricaţie se înţelege totalitatea mijloacelor materiale şi componente nemateriale care concură la realizarea unui produs şi care sunt grupate în timp şi în spaţiu într-un mod bine determinat.

Bibliografie

1. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
2. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
3. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
4. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 2. NOŢIUNI DE TEORIA SISTEMELOR

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Să definiţi noţiunea de sistem.
- Sa ierarhizaţi sistemele de fabricaţie.
- Fluxurile de materiale, energie şi informaţie care intră in componenţa sistemelor de fabricaţie.

***Cuvinte cheie*:**

Sistem, model matematic, matrice de cuplare, matrice de structură, fluxuri de materiale, energie şi informaţii.

Cuprinsul Modului:

2.1. Noţiunea de “sistem”.

2.2. Modelul matematic al unui sistem.

2.3. Ierarhia sistemelor.

2.4 Matrice de cuplare. Matrice de structură.

2.5. Analiza sistemelor de fabricaţie flexibile.

2.6 Fluxuri de materiale, energie şi informaţii tehnologice.

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

2.1. Noţiunea de "sistem"

Cuvântul sistem îşi are originea în grecescul "to systema" şi are înţelesul de un tot întreg.

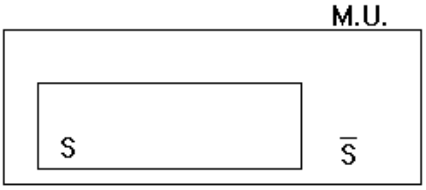
Definiţie. Prin sistem se înţelege un ansamblu organic (mulţime) de elemente între care există o mulţime de relaţii de coordonare, de subordonare, de cooperare, etc.

Organismul uman este un sistem de elemente (organe) care se intercondiţionează prin raporturi de coordonare, subordonare respectiv cooperare.

În continuare se dau câteva clasificări ale sistemelor :

a) În funcţie de raporturile sistemului cu mediul

- sistem izolat (închis) – sistemul care nu are nici o legătură cu mediul său. (fig.2.1.)



S – sistemul iniţial (în discuţie);
$\bar{S}$ – mediul sistemului S, iar
$S \cup \bar{S} = MU$ - mulţimea universală.

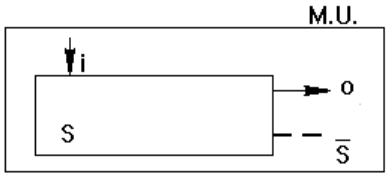
Fig.2.2.Schema bloc a unui sistem închis

- sistem deschis - sistemul care are legături (relaţii) cu mediul său; aceste legături pot fi orientate sau neorientate; legăturile orientate pot fi la rândul lor de două feluri: intrări (input)şi respectiv ieşiri (output).

Definiţie. Intrarea (input) reprezintă acţiunea mediului ($\bar{S}$) asupra sistemului (S).

Definiţie. Ieşirea (output) reprezintă acţiunea sistemului (S) asupra mediului ($\bar{S}$).

Reprezentarea grafică a unui sistem deschis care reprezintă toate cele trei tipuri de legături cu mediul său este redată în figura 2.2.



i – input
o - output
S, $\bar{S}$, MU – sistemul, mediul respectiv mulţimea universală

Fig.2.2. Schema bloc a unui sistem deschis

b) În funcţie de numărul elementelor şi a relaţiilor există:

- *sisteme simple* – ce includ două subsisteme şi respectiv relaţiile dintre ele - figura 2.3.

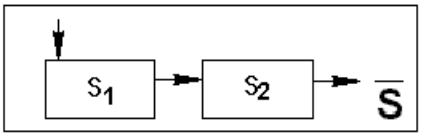


Fig.2.3. Schema bloc a unui sistem simplu

- sisteme multiple – sunt formate din mai mult de două elemente şi relaţiile dintre ele - figura 2.4.

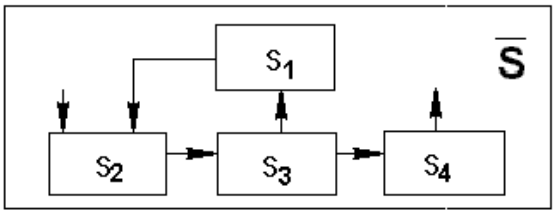


Fig.2.4. Schema bloc a unui sistem multiplu

c) După concordanţa (corespondenţa) intrărilor şi ieşirilor există :

- sistem determinat – dacă oricărei intrări îi corespunde o ieşire bine determinată;
- sistem nedeterminat – dacă această corespondenţă nu se poate realiza;

d) În funcţie de natura generală a sistemului există:

- sisteme concrete;
- sisteme abstracte.

e) În funcţie de natura teleologică a sistemului (scop) :

- sisteme ce au un scop bine determinat (exemplu: sistemele de fabricaţie);
- sisteme ce nu au un scop bine determinat, decât eventual indirect (spre exemplu un sistem ecologic);

f) După natura lor genetică:

- sisteme naturale (exemplu: o pădure cu tot ce există în ea);
- sisteme artificiale (exemplu: un autovehicul).

2.2. Modelul matematic al unui sistem

Scopul modelului matematic al unui sistem îl reprezintă descrierea în limbaj matematic a funcţiei sistemului.

Pentru a putea modela un sistem este necesară cunoaşterea structurii sale, a intrărilor, ieşirilor şi a funcţiei sale.

Definiţie. Prin *schemă bloc* se înţelege o reprezentare simplificată a unui sistem în care subsistemele sunt reprezentate prin dreptunghiuri şi legăturile între acestea prin săgeţi.

Schema bloc a sistemului S – reprezentată în figura 2.5. – se caracterizează prin vectorul de intrare $\underline{X}$, (input sau excitaţia sistemului), cu cele n componente scalare ale sale $\underline{X} = [x_1, x_2,....x_n]^T$, respectiv vectorul de ieşire $\underline{Y}$ (output sau răspunsul sistemului) cu cele m componente scalare $\underline{Y} = [y_1, y_2,.....y_m]^T$

Fig. 2.5. Reprezentarea schemei bloc a unui sistem

Între vectorul de intrare şi cel de ieşire întotdeauna se poate stabili o relaţie de forma:

$$\underline{Y} = \underline{T} \cdot \underline{X} \qquad (2.1.)$$

unde: T – reprezintă matricea de transfer (exprimând funcţia sau sarcina) sistemului.

Definiţie. Se înţelege prin *funcţia (sarcina)* unui sistem, acea funcţie ce transformă starea caracterizată prin intrări, într-o altă stare caracterizată prin ieşirile sistemului.

Pe lângă legăturile orientate de intrare – ieşire între sistem şi mediul său, sunt prezente şi legături în parte neorientate. Din cadrul acestora, o parte influenţează vectorul de ieşire într-un mod ce nu poate fi controlat. Totalitatea acestor legături formează *vectorul perturbaţiilor* : $\underline{Z} = [Z_1, Z_2,.....Z_r]^T$.

Schema bloc a unui sistem asupra căruia acţionează şi perturbaţii se prezintă în figura 2.6.

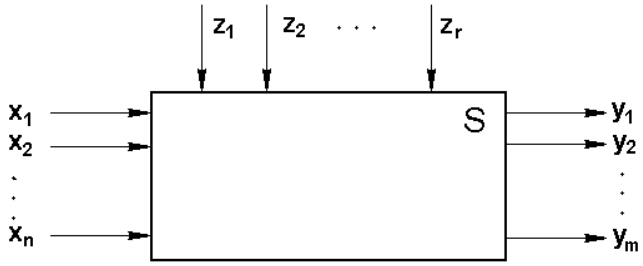


Fig. 2.6. Schema bloc a unui sistem asupra căruia acţionează şi perturbaţii

Obţinerea şi menţinerea performanţelor sistemelor de tipul celor prezentate în figura 2.6. – în condiţiile prezenţei unor mărimi perturbatoare – la cote acceptabile reprezintă adesea un obiectiv greu de realizat.

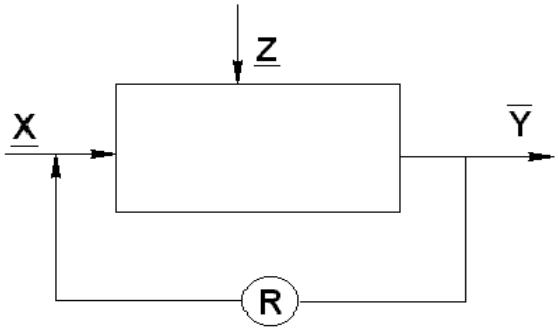


Fig.2.7. Schema bloc a unui sistem cu buclă de reacţie.
R – dispozitivul de reglaj.

Din acest motiv au apărut diferite soluţii de rezolvare a cazurilor în care apar mărimi perturbatoare, una din aceste soluţii fiind *reglarea în buclă închisă*. Prin această buclă R o parte a ieşirii este transmisă la intrare pe care o influenţează. Schema bloc a unui sistem cu *buclă de reacţie* se prezintă în figura 2.7.

2.3. Ierarhia sistemelor

În general, orice sistem are în componenţa sa alte subsisteme şi este la rândul său element component al unui alt sistem.

Reprezentând schematic această observaţie sistemul în discuţie se află integrat într-o structură arborescentă prezentată în fig. 2.8.

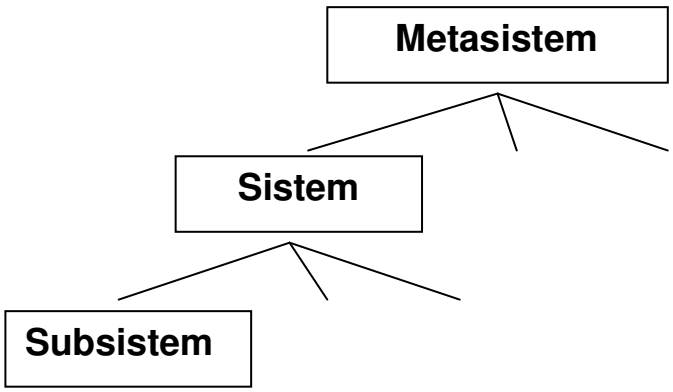


Fig. 2.8. Structura ierarhică a sistemelor

Din figura de mai sus se pot desprinde o serie de reguli şi anume :

- orice sistem de rang "R" S^R are în componenţa sa sisteme de rang inferior S^{R-1}, care pentru sistemul S^R se numesc subsisteme.

- orice sistem S^R de rang "R" este subsistem pentru un sistem S^{R+1} de rang superior " R+1", acesta din urmă numindu-se metasistem (hipersistem).

Ierarhizarea în cazul sistemelor de fabricaţie flexibilă joacă un rol important pentru realizarea sintezei sistemului, deoarece, *sinteza sistemului* (procesul de stabilire a componentelor sistemului, a structurii şi respectiv a legăturilor dintre componente, impunându-se sistemului anumite proprietăţi şi caracteristici dorite) se face pornind în prima fază de la sistemul de rang cel mai mare (superior) spre sistemele de rang inferior iar în a doua fază de la sistemele de rang inferior la sistemele de rang superior.

2.4 Matrice de cuplare. Matrice de structură

Se consideră două sisteme S_1 şi respectiv S_2 cu vectorii de intrare $\underline{X}_1$, respectiv $\underline{X}_2$ şi vectorii de ieşire $\underline{Y}_1$ respectiv $\underline{Y}_2$ conform figurii 2.9.

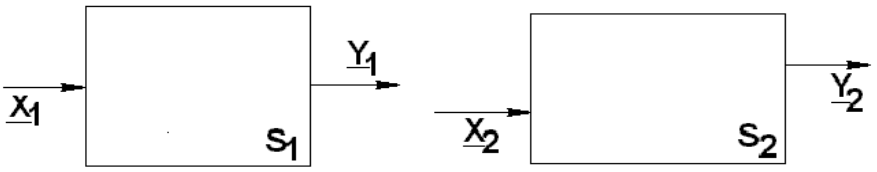


Fig. 2.9. Reprezentarea schemei bloc a două sisteme necuplate

Definiţie. Sistemele S_1, respectiv S_2 sunt *sisteme cuplate* dacă :

a) cel puţin o ieşire din sistemul S_1 este o intrare în sistemul S_2 ; adică dacă :

$$X_{2q}=Y_{1p} \tag{2.2}$$

unde: $\underline{X}_2 = [X_{21}, X_{22},.....X_{2q},.....X_{2m},]^T$

$\underline{Y}_1 = [Y_{11}, Y_{12},.....Y_{1p},.....Y_{1n},]^T$

b) sau cel puţin o ieşire din sistemul S_2 este o intrare în sistemul S_1, anume:

$$X_{1i} = Y_{2j} \tag{2.3}$$

unde: $\underline{X}_1 = [X_{11}, X_{12},.....X_{1i},.....X_{1k},]^T$

$\underline{Y}_2 = [Y_{21}, Y_{22},.....Y_{2j},.....Y_{2l},]^T$

Matricea de cuplare $\underline{K}_{12}$ a sistemelor S_1 şi S_2 este:

a) o matrice de dimensiunea m×n ale cărui elemente sunt 1 pentru existenţa relaţiilor de tip (2.2) şi 0 în rest.

$$\underline{K}_{12}= \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ . \\ q \\ . \\ m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} 1 & 2 & ... & p & ... & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & ... & e_{1p} & ... & e_{1n} \\ e_{21} & e_{22} & ... & e_{2p} & ... & e_{2n} \\ . & . & ... & . & ... & . \\ e_{q1} & e_{q2} & ... & e_{qp} & ... & e_{qn} \\ . & . & ... & . & ... & . \\ e_{m1} & e_{m2} & ... & e_{mp} & ... & e_{mn} \end{bmatrix} \end{array} \tag{2.4}$$

unde :

$$e_{qp}=\begin{cases} 1 \ , & \text{dacă} \quad x_{2q} = y_{1p} \\ 0 \ , & \text{dacă} \quad x_{2q} \neq y_{1p} \end{cases} \tag{2.5}$$

iar matricea de cuplare a sistemului S_2 de sistemul S_1 este dată de:

$$\underline{K}_{21}= \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ . \\ i \\ . \\ k \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} 1 & 2 & ... & j & ... & l \end{array} \\ \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & ... & e_{1j} & ... & e_{1l} \\ e_{21} & e_{22} & ... & e_{2j} & ... & e_{1l} \\ . & . & ... & . & ... & . \\ e_{i1} & e_{i2} & ... & e_{ij} & ... & e_{il} \\ . & . & ... & . & ... & . \\ e_{k1} & e_{k2} & ... & e_{kj} & ... & e_{kl} \end{bmatrix} \end{array} \tag{2.6}$$

unde :

$$e_{ij}=\begin{cases} 1 \ , & \textit{dacă} \quad x_{1i} = y_{2j} \\ 0 \ , & \textit{dacă} \quad x_{1i} \neq y_{2j} \end{cases} \tag{2.7}$$

Fie S_1 şi S_2 cele două sisteme în discuţie, cu intrările şi ieşirile conform figurii 2.10.

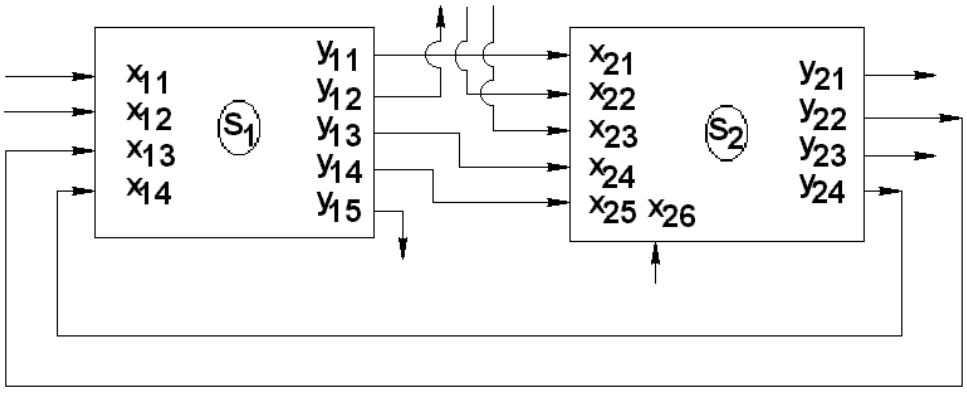


Fig.2.10. Reprezentarea schemei bloc a două sisteme cuplate

Din figură se observă că :

$Y_{11}=X_{21}$;$Y_{13}=X_{24}$;$Y_{14}=X_{25}$;
şi $Y_{22}=X_{13}$; $Y_{24}=X_{14}$.

În acest caz matricea de cuplare $\underline{K}_{12}$ va fi :

$$\underline{K}_{12} = \begin{array}{c} i \setminus o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

iar matricea de cuplare $\underline{K}_{21}$ va fi

$$\underline{K}_{21} = \begin{array}{c} i \setminus o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

Conform relaţiei (2.1) se poate scrie:

$$\underline{X}_2 = \underline{K}_{12} \cdot \underline{Y}_1 \tag{2.8}$$

respectiv

$$\underline{X}_1 = \underline{K}_{21} \cdot \underline{Y}_2 \tag{2.9}$$

Să considerăm un sistem S^R de rang "R" care are în componenţa sa n subsisteme de rang

"R-1". Presupunând că fiecare subsistem ar fi cuplat cu toate celelalte subsisteme, atunci numărul maxim de cuplări este dat de suma :

$$N_{max} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n-1} l_i \tag{2.10}$$

dar $\sum_{i=1}^{n-1} l_i = \frac{n \cdot (n-1)}{2}$ şi prin urmare:

$$N_{max} = n \cdot (n-1) \tag{2.11}$$

În practică numărul de cuplări este mult mai mic decât numărul maxim de cuplări.

Definiţie. Se defineşte *matricea de structură* a unui sistem cu n subsisteme (componente), ca fiind o matrice având ca elemente matricele de cuplare ale subsistemelor.

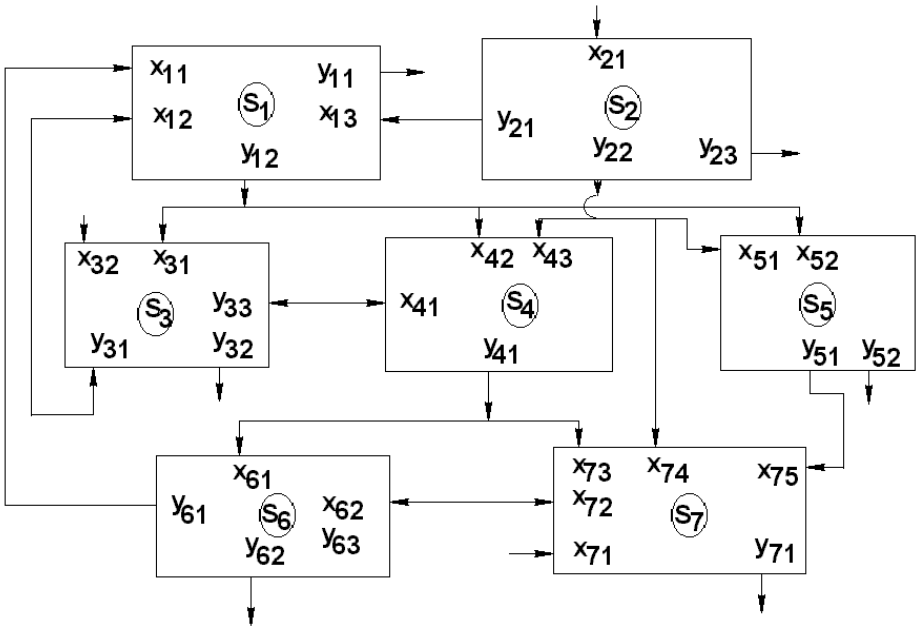
Matricea de structură a unui sistem caracterizează în ansamblu mulţimea legăturilor între elementele componente (subsisteme) ale sistemului considerat.

Matricea de structură are ca şi elemente matricele de cuplare ale subsistemelor componente:

$$\underline{K}_{str} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ \cdot \\ \cdot \\ n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} 1 & 2 & 3 & . & . & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & \underline{K}_{21} & \underline{K}_{31} & . & . & \underline{K}_{n1} \\ \underline{K}_{12} & 0 & \underline{K}_{31} & . & . & \underline{K}_{n2} \\ \underline{K}_{13} & \underline{K}_{23} & 0 & . & . & \underline{K}_{n3} \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ \underline{K}_{1n} & \underline{K}_{2n} & \underline{K}_{3n} & . & . & 0 \end{bmatrix} \end{array} \tag{2.12}$$

Observaţie. Întotdeauna matricea $\underline{K}_{str}$ a unui sistem este o matrice pătratică de dimensiune egală cu numărul subsistemelor componente.

Pentru exemplificarea celor prezentate mai sus se consideră conform figurii 2.11. un sistem cu 7 elemente componente (subsisteme) între care legăturile sunt stabilite conform



schemei bloc.

Fig.2.11. Schema bloc a unui sistem cu şapte subsisteme componente

Pentru schema bloc din figura 2.11. matricea de structură are forma:

$$\underline{K}_{str} = \begin{array}{c} i \setminus o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & \underline{K}_{21} & \underline{K}_{31} & 0 & 0 & \underline{K}_{61} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{13} & 0 & 0 & \underline{K}_{43} & \underline{K}_{53} & 0 & 0 \\ \underline{K}_{14} & \underline{K}_{24} & \underline{K}_{34} & 0 & \underline{K}_{54} & 0 & \underline{K}_{74} \\ \underline{K}_{15} & \underline{K}_{25} & \underline{K}_{35} & \underline{K}_{45} & 0 & 0 & \underline{K}_{75} \\ 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{46} & 0 & 0 & \underline{K}_{76} \\ 0 & \underline{K}_{27} & 0 & \underline{K}_{47} & \underline{K}_{57} & \underline{K}_{67} & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Fie X totalitatea intrărilor subsistemelor S_i, i=1,n astfel încât

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} \underline{X}_1 & \underline{X}_2 & \underline{X}_3 & \dots & \underline{X}_i & \dots & \underline{X}_n \end{bmatrix}^T \tag{2.13}$$

şi fie Y totalitatea output-urilor subsistemelor S_i, i=1,n

$$\underline{Y} = \left[\underline{Y}_1 \quad \underline{Y}_2 \quad \underline{Y}_3 \quad \ldots \quad \underline{Y}_i \quad \ldots \quad \underline{Y}_n\right]^T \tag{2.14}$$

atunci se poate scrie relaţia de legătură între Y şi X după cum urmează

$$\underline{X} = \underline{K}_{str} \cdot \underline{Y} \tag{2.15}$$

2.5. Analiza sistemelor de fabricaţie flexibile.

Definiţie. Prin *analiza* unui sistem se înţelege studiul unui sistem existent cu scopul de a stabili proprietăţile sistemului.

După cum se definea şi în capitolul I prin *sistem de fabricaţie* se înţelege totalitatea mijloacelor materiale şi a componentelor nemateriale grupate în spaţiu şi timp în vederea realizării a uneia sau mai multor sarcini de fabricaţie.

Definiţie. Sarcina de fabricaţie reprezintă funcţia sistemului de fabricaţie care înseamnă transformarea în timp a unor intrări de materiale, energie şi informaţie, într-o ieşire (output), constituită din materie în care cu ajutorul energiei s-a "impregnat" informaţia.

Sarcina de fabricaţie înseamnă transformarea stării caracterizată prin intput-uri într-o altă stare caracterizată prin output-uri, precizată în prealabil mintal.

2.6 Fluxuri de materiale, energie şi informaţii tehnologice

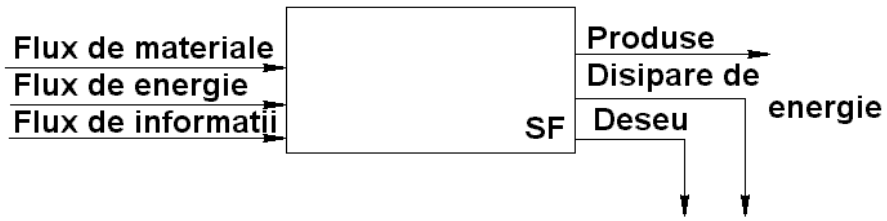


Fig.2.12. Fluxuri de intrare şi respectiv ieşire pentru un sistem de fabricaţie

Într-un sistem de fabricaţie intrările se constituie din materiale (semifabricate), energie şi informaţie, iar ieşirile sunt materializate prin produsul realizat, deşeuri dar şi disipare de energie.

Definiţie. Desfăşurarea în timp (viteza) a intrărilor şi respectiv ieşirilor dintr-un sistem

poartă denumirea de fluxuri.

După cum se observă din figura 3.1. într-un sistem de fabricaţie există fluxuri de:

- materiale;

- energie;

- informaţii.

Sisteme se pot clasifica după numărul intrărilor şi ieşirilor în conformitate cu figura 2.13.

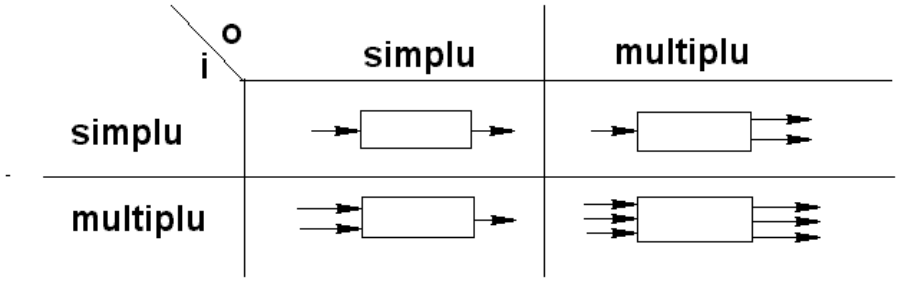


Fig.2.13 Clasificarea sistemelor în funcţie de numărul intrărilor-ieşirilor

Definiţie. Debitul de materiale se defineşte ca fiind cantitatea sau volumul de materiale care intră/ies în/din sistem în unitatea de timp.

În cazul în care există un flux simplu de materiale atât la intrarea cât şi la ieşirea din sistem, procesul se caracterizează ca având loc fără îndepărtare de deşeu (spre ex: aşchii), iar schema bloc a sistemului este reprezentată în figura 2.14.

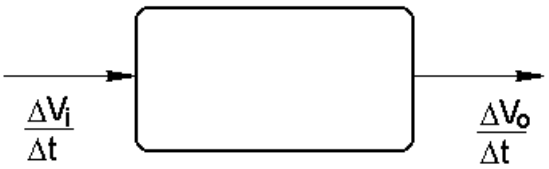


Fig.2.14. Schema bloc a unui sistem de fabricaţie ce are ca şi caracteristică un singur flux de intrare şi unul de ieşire

Pentru procesele de această natură (turnare, forjare) se poate scrie relaţia :

$$\frac{\Delta V_o}{\Delta t} = \frac{\Delta V_i}{\Delta t} \tag{2.16}$$

Procesele de aşchiere se caracterizează prin aceea că la intrare există un singur flux de

materiale, dar la ieşire pe lângă piesa finită apare – în plus – deşeul. Schema bloc a unui sistem de fabricaţie prin aşchiere cu debitul de intrări-ieşiri de materiale - este reprezentată în figura 2.15

Fig.2.15. Schema bloc a unui sistem de fabricaţie cu un singur flux material de intrare şi două de ieşire

Între debitele de intrare-ieşire există în acest caz următoarea relaţie:

$$\frac{\Delta V_i}{\Delta t} = \frac{\Delta V_o}{\Delta t} + \frac{\Delta V_{od}}{\Delta t} \qquad (2.17.)$$

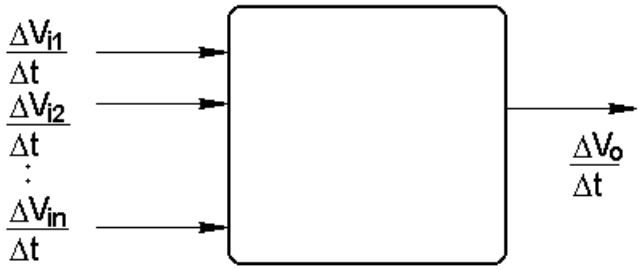


Fig.2.16 Schema bloc a unui sistem de fabricaţie cu mai multe fluxuri materiale de intrare şi unul de ieşire

Pentru procesele de montaj este evidentă existenţa mai multor intrări (materializate de piese, subansamble) şi a unei singure ieşiri materializată de produsul finit.

Schema bloc specifică unui sistem de asamblare se prezintă în figura 2.16.

Astfel pentru acest caz suma debitelor de intrare de materiale se identifică cu debitul de ieşire din sistem:

$$\sum_{j=1}^{n} \frac{\Delta V_{ij}}{\Delta t} = \frac{\Delta V_o}{\Delta t} \qquad (2.18.)$$

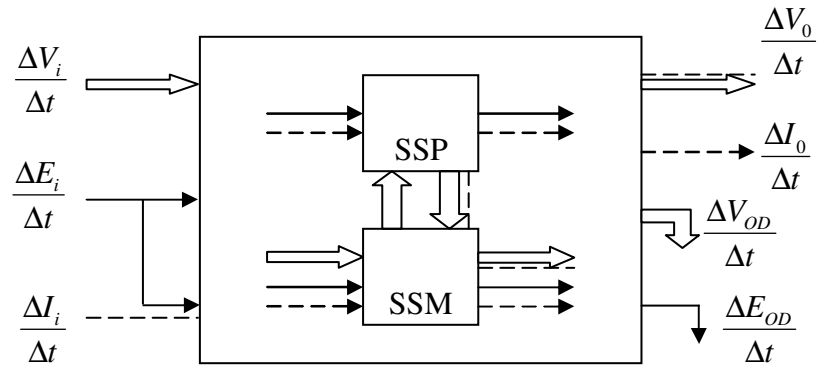
Pe lângă fluxul de materiale, intrările în sistemul de fabricaţie mai sunt constituite şi din

fluxurile de energie, respectiv de informaţie. Uneori chiar fluxul de informaţie are ca suport o parte a fluxului de energie.

Fluxul de energie "intrat" în sistem realizează pe de o parte "impregnarea" fluxului de informaţii în fluxul de materiale (în produsele finite în subsistemul de prelucrare SSP) pe de altă parte face posibilă deplasarea materialelor în cadrul sistemului (în sistemul de manipulare). Fluxul de energie "iese" din sistem sub formă de energie-deşeu (disipată).

Fluxul de informaţii este prezentat doar ca intrare.

În figura 2.17. se prezintă o schemă bloc a unui sistem de fabricaţie cu evidenţierea, inclusiv pe subsisteme a fluxurilor de materiale şi informaţii.



Fluxuri de:

materiale

materiale cu informaţii

energie

informaţii

informaţii pe suport de energie

Fig.2.17. Schema bloc generală a unui sistem de fabricaţie

Generalizând relaţiile 2.16.-2.18 şi ţinând cont de faptul că tot ce intră în sistem trebuie să se regăsească în fluxurile de ieşire din sistem se poate scrie relaţia:

$$\left(\frac{\Delta V_o}{\Delta t} \quad \frac{\Delta V_{od}}{\Delta t} \quad \frac{\Delta E_{od}}{\Delta t} \quad \frac{\Delta I_{od}}{\Delta t}\right)^T = \underline{T} \cdot \left(\frac{\Delta V_i}{\Delta t} \quad \frac{\Delta E_i}{\Delta t} \quad \frac{\Delta I_i}{\Delta t}\right)^T \tag{2.19}$$

unde :

$\underline{T}$ - matricea de transfer a sistemului;

$\frac{\Delta(V_o)}{\Delta t}$ - output-ul fluxului de materiale;

$\frac{\Delta(V_{od})}{\Delta t}$ - flux de materiale deşeu;

$\frac{\Delta E_{od}}{\Delta t}$ - output-ul fluxului de energie deşeu (care apare în general prin disipare de căldură);

$\frac{\Delta I_{od}}{\Delta t}$ - output-ul fluxului de informaţie (care apare doar atunci când sistemul este obligat să transmită informaţie spre un alt sistem, fie de acelaşi rang, fie de un rang superior; altfel această componentă nu apare, deoarece informaţia de intrare se înglobează în output-ul de materiale prin consum de energie);

$\frac{\Delta(V_i, E_i, I_i)}{\Delta t}$ - intput-urile în sistem (materiale, energie, informaţie pe suport de energie);

Relaţia (2.19) reprezintă modelul matematic al unui sistem de fabricaţie în sensul cel mai larg cu putinţă.

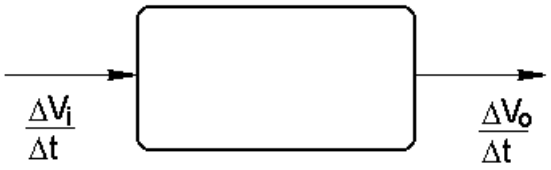
Întrebări de autoevaluare

5. Ce reprezintă intrarea (input) într-un sistem?
6. Ce reprezintă ieşirea (output) dintr-un sistem?
7. Ce se înţelege prin *analiza* unui sistem?
8. Din ce se constituie intrările într-un sistem de fabricaţie ?
9. Ce reprezintă *sarcina de fabricaţie* ?

Teste grilă

1. Cărui tip de operaţie îi corespunde schema bloc de mai jos caracterizată de ecuaţia?

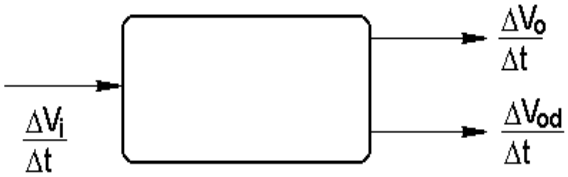
$$\frac{\Delta V_o}{\Delta t} = \frac{\Delta V_i}{\Delta t}$$



a) turnare;
b) frezare;
c) montare

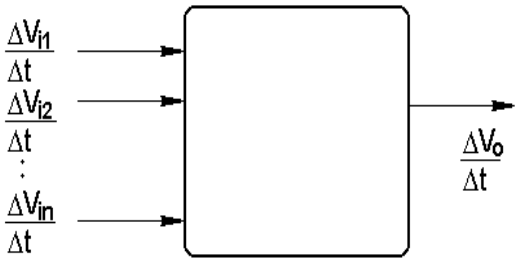
2. Cărui tip de operaţie îi corespunde schema bloc de mai jos caracterizată de ecuaţia?

$$\frac{\Delta V_i}{\Delta t} = \frac{\Delta V_o}{\Delta t} + \frac{\Delta V_{od}}{\Delta t}$$



a)turnare;
b)frezare;
c) montare

3. Cărui tip de operaţie îi corespunde schema bloc de mai jos caracterizată de ecuaţia?



$$\sum_{j=1}^{n} \frac{\Delta V_{ij}}{\Delta t} = \frac{\Delta V_o}{\Delta t}$$

a)turnare;
b)frezare;
c)montare.

Soluţii: 1. a 2. b 3. c

Rezumat

Cuvântul sistem îşi are originea în grecescul “to systema” şi are înţelesul de un tot întreg.

Definiţie. Prin sistem se înţelege un ansamblu organic (mulţime) de elemente între care există o mulţime de relaţii de coordonare, de subordonare, de cooperare, etc.

Organismul uman este un sistem de elemente (organe) care se intercondiţionează prin raporturi de coordonare, subordonare respectiv cooperare.

Scopul modelului matematic al unui sistem îl reprezintă descrierea în limbaj matematic a funcţiei sistemului.

Pentru a putea modela un sistem este necesară cunoaşterea structurii sale, a intrărilor, ieşirilor şi a funcţiei sale.

Definiţie. Prin *schemă bloc* se înţelege o reprezentare simplificată a unui sistem în care subsistemele sunt reprezentate prin dreptunghiuri şi legăturile între acestea prin săgeţi.

Bibliografie

5. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
6. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
7. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
8. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 3. NOŢIUNI DE ROBOŢI. SISTEMUL MECANIC AL ROBOTULUI

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Ce este un robot.
- Structura unui robot.
- Care este spaţiul de lucru al unui robot.

***Cuvinte cheie*:**

Robot, sistem mecanic, mecanism generator de traiectorie, mecanism de orientare.

Cuprinsul Modului:

3.1. Introducere

3.2. Structura sistemului mecanic

3.3 Mecanisme generatoare de traiectorie (MGT). Spaţii de lucru şi spaţii de coliziune

3.4.Mecanismul de orientare. Unghi caracteristic, unghi auxiliar.

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

3.1. Introducere

Conform ISO 8373 *robotul industrial* se defineşte ca fiind un manipulator programabil controlat automat, reprogramabil, multiscop, cu trei sau mai multe grade de libertate, care poate fi fix dar şi mobil, folosit în automatizarea aplicaţiilor industriale.

După cum se observă în definiţia de mai sus sunt utilizaţi următorii termeni:

- reprogramabil: a cărei mişcări programate sau funcţii auxiliare pot fi schimbate fără modificări fizice.

- multiscop: capacitatea de a se adapta la diferite aplicaţii ce se modifică fizic.

- modificări fizice: modificări ale structurii mecanice sau ale sistemului de conducere, excepţie făcând schimbările de suporturi de program, ROM, etc.

O altă definiţie este următoarea*:* Robotul este un sistem mecatronic capabil să execute operaţii similare cu cele executate de om cu membrele sale (braţe, picioare), sub supravegherea ochilor săi, coordonarea între mână şi ochi realizându-se prin creier.

În general astăzi se vorbeşte despre "robot" atât în cazul robotului industrial clasic, dar şi în cazul maşinilor păşitoare, robocarelor, maşinilor târâtoare, protezelor, etc. De aceea se poate introduce noţiunea de "familia robot" a cărei prezentare se face în figura 3.1.

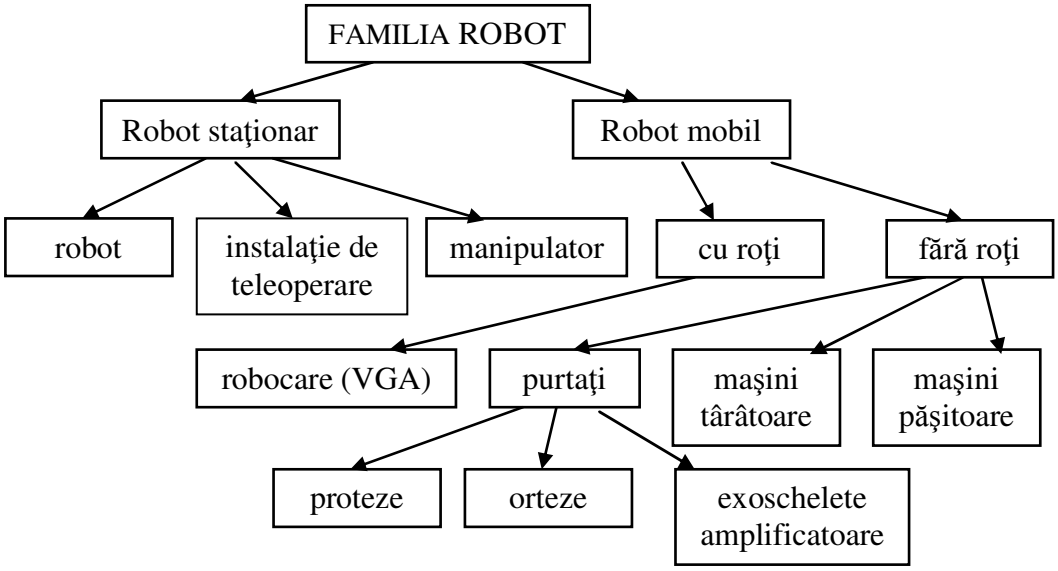


Fig. 3.1. Familia robot

În "preistoria" roboticii, vizionarii îşi închipuiau robotul antropomorf din punct de vedere constructiv: un cap, doi ochi, două urechi, trunchi, două braţe cu mâini, două picioare.

Când s-au construit efectiv roboţi, pragmatismul conformităţii roboţilor constructiv cu cerinţele, a condus la o construcţie ne-antropomorfă. În acelaşi timp, funcţiile robotului suprapunându-se - măcar parţial - cu cele ale omului, structura determinată pentru robot de aceste funcţiuni este o structură antropomorfă.

Prin structura unui sistem (hipersistem) se înţelege modul cum acesta se compune din subsisteme (sisteme de rang inferior) şi legăturile dintre acestea.

Considerând robotul un hipersistem, componentele sale sunt sistemul de comandă, care joacă rolul sistemului nervos uman, sistemul de acţionare, având rolul sistemului muşchiular şi sistemul mecanic, jucând rolul scheletului (sistemului osos).

În cadrul roboţilor acţionaţi hidraulic, grupul hidraulic şi reţeaua de vehiculare a fluidului purtător de energie joacă rolul aparatelor digestiv, respirator, şi circulator al omului.

În figura 3.2 se prezintă schema bloc structurală a robotului.

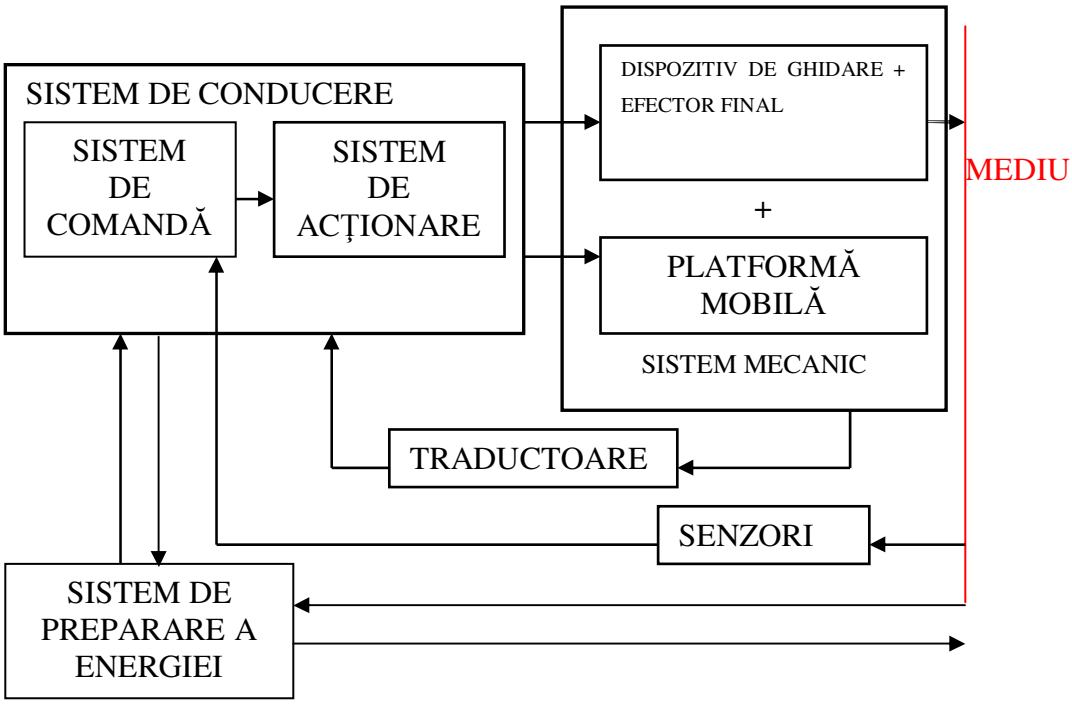


Fig.3.2. Schema bloc a structurii robotului

Traductoarele care furnizează sistemului de comandă informaţii despre "starea internă" a robotului: poziţii şi mişcări relative ale elementelor sistemului mecanic, parametri funcţionali ai

sistemului de acţionare (împreună cu aparatele de măsurare, în cursul comenzii manuale a roboţilor) şi senzorii, care furnizează informaţii sistemului de comandă despre starea externă a robotului: parametri mediului (temperatură, presiune, compoziţie chimică etc.) şi acţiunea acestuia asupra robotului (forţe, cupluri etc.), joacă rolul organelor de simţ.

Deplasarea roboţilor mobili se realizează cu ajutorul platformei mobile din componenţa sistemului mecanic, având rolul aparatului locomotor al omului.

Sistemul de comandă şi cel de acţionare constituie împreună sistemul de conducere (sistem de comandă superior) al sistemului mecanic.

Se înţelege prin "mediu" al robotului, spaţiul în care acesta evoluează, cu obiectele conţinute şi fenomenele care au loc în acest spaţiu. Totalitatea obiectelor cu care robotul interacţionează constituie "periferia" acestuia.

Legăturile dintre componentele robotului, respectiv ale acestora cu mediul sunt directe şi inverse ("feedback").

Sistemul de comandă transmite comenzi sistemului de acţionare, acesta acţionează cuplele cinematice conducătoare ("axele") sistemului mecanic (prin "actuatori"), care la rândul său, acţionează asupra mediului (prin "efector final"). Toate aceste legături sunt directe.

Informaţiile furnizate sistemului de comandă de către traductoare, senzori şi aparate de măsurat, constituie legături inverse.

Fluxul de energie furnizat de mediu, sistemului de acţionare al robotului (nemijlocit, în cursul acţionărilor electrice, respectiv pneumatice şi prin intermediul grupului hidraulic, în cursul acţionării hidraulice), ca şi fluxul de "energie deşeu" disipat de la robot la mediu, constituie la rândul lor legături directe.

3.2. Structura sistemului mecanic

Sistemul mecanic al robotului are rolul de a asigura realizarea mişcărilor acestuia şi transmiterea energiei mecanice necesare interacţiunii cu mediul. Subsistemul din cadrul sistemului mecanic dedicat acestei interacţiuni este efectorul final.

Dispozitivul de ghidare are rolul de a conferi efectorului final mişcările şi energia mecanică aferentă acestor mişcări în conformitate cu acţiunea necesară a se efectua asupra mediului. Acţiunea robotului asupra mediului este ori una de manipulare a unor obiecte ori una de prelucrare a acestora.

Se înţelege prin manipulare modificarea situării în spaţiu a unui obiect. Omul realizează această modificare apucând (“prehensând”) obiectul cu mâna şi mişcând mâna împreună cu obiectul, cu ajutorul braţului. Utilizarea mâinii de către om a determinat formarea cuvântului de manipulare.

Efectorul final al robotului care manipulează obiecte, se numeşte dispozitiv de prehensiune. Funcţia lui este aceea de a solidariza obiectul cu partea sa de bază, asigurând obiectului faţă de aceasta o situare relativă bine determinată, menţinută în timp (de obicei prin strângere).

Din punct de vedere al teoriei mecanismelor, obiectul şi partea de bază a dispozitivului de prehensiune, formează o cuplă cinematică de clasa a VI-a, închisă de obicei prin forţă.

Manipularea obiectului se realizează prin modificarea situării bazei efectorului final cu care obiectul este solidarizat. În acest scop, baza efectorului final este solidarizată cu un element al dispozitivului de ghidare (a efectorului final).

În figura 3.3 se prezintă structura sistemului mecanic al roboţilor.

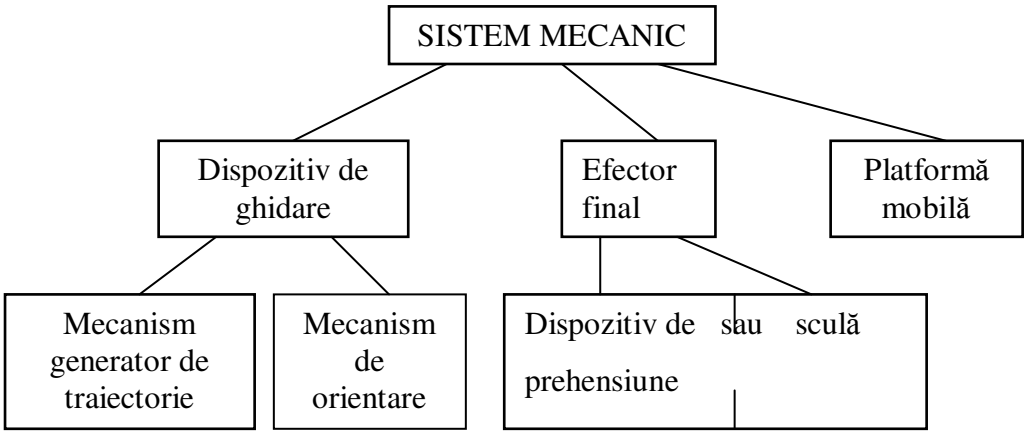


Fig.3.3. Structura sistemului mecanic al robotului.

Situarea (“poziţionarea+orientarea”) unui corp în spaţiul tridimensional, poate fi definită cu ajutorul poziţiei punctului caracteristic şi orientărilor dreptei caracteristice, respectiv a dreptei auxiliare.

Se înţelege prin “punct caracteristic”, un punct al obiectului, în raport cu care se defineşte poziţia corpului. “Dreapta caracteristică”, este o dreaptă care trece prin punctul caracteristic, iar “dreapta auxiliară”, o dreaptă perpendiculară în punctul caracteristic pe dreapta caracteristică. Cu ajutorul celor două drepte se defineşte orientarea obiectului, de care aparţin ambele drepte.

În figura 3.4 se prezintă un obiect cilindric cu punctul său caracteristic pe axa de simetrie, dreapta caracteristică confundată cu această axă şi dreapta auxiliară.

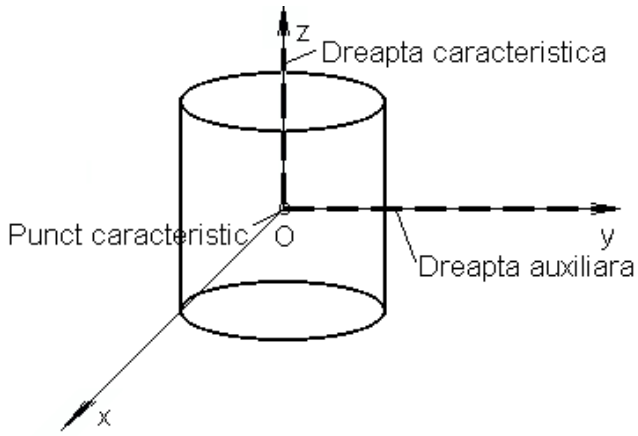


Fig.3.4 Obiect cilindric: punct caracteristic, dreaptă caracteristică.

În anumite variante de construcţie a dispozitivului de ghidare a roboţilor, un mecanism component al acestuia realizează modificarea poziţiei punctului caracteristic (mecanism generator de traiectorie "mecanism de poziţionare") iar altul, orientarea dreptelor caracteristic şi auxiliar ("mecanism de orientare").

Efectorul final al robotului care prelucrează obiecte, este o sculă. Energia mecanică necesară pentru prelucrare poate fi comunicată sculei exclusiv prin intermediul robotului sau prin intermediul robotului şi a unei surse suplimentare de energie. În acest ultim caz, efectorul final este un cap de forţă cu sculă. Capul de forţă conţine un motor şi eventual, o transmisie mecanică.

În cazul utilizării robotului pentru prelucrare, scula, respectiv capul de forţă cu sculă, constituie "obiectul manipulat", pentru care se definesc în modul arătat mai sus. În unele lucrări de specialitate, sistemul mecanic al robotului este denumit "manipulator".

Platforma mobilă este o parte componentă a sistemului mecanic care asigură modificarea situării întregului ansamblu în mediu.

În cazul în care robotul nu este înzestrat cu platformă mobilă, el este robot staţionar, pe când cel al cărui sistem mecanic conţine o asemenea platformă, poartă numele de robot mobil. În cel de-al doilea caz, dispozitivul de ghidare modifică situarea obiectului în raport cu platforma mobilă.

În cazul în care mecanismele dispozitivului de ghidare au la bază lanţuri cinematice deschise, acesta este definit ca având topologie serială. Denumirea derivă din faptul că elementele lanţurilor cinematice deschise sunt legate "în serie".

În cazul dispozitivelor de ghidare, cu topologie serială, mecanismele de orientare şi de generatoare de traiectorie sunt definite separat: mecanismul generator de traiectorie are un element fix (baza, batiul robotului), iar mecanismul de orientare este legat de ultimul element al mecanismului generator de traiectorie: o cuplă cinematică este formată din acest element şi primul element al mecanismului de orientare ("primul" element, fiind elementul cel mai apropiat, iar ultimul element, elementul cel mai îndepărtat de bază).

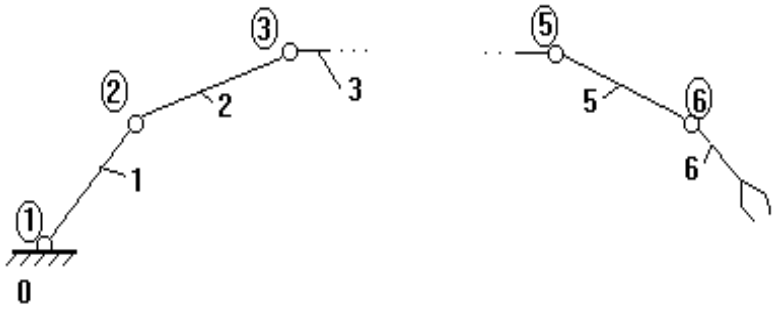


Fig.3.5. Schema structurală a dispozitivului de ghidare cu topologia serială.

Dacă dispozitivul de ghidare trebuie să modifice situarea obiectului solidarizat cu ultimul element al mecanismului de orientare, dintr-una iniţială oarecare, în alta finală oarecare, el trebuie să aibă numărul gradelor de mobilitate egal cu numărul gradelor de libertate ale obiectului liber în spaţiu.

$$M = L_0 = 6 \tag{3.1}$$

În consecinţă, mecanismele dispozitivului de ghidare trebuie să fie spaţiale (tridimensionale).

În mod obişnuit, mecanismele dispozitivului de ghidare au numai cuple de clasa 5-a şi atunci gradul de mobilitate a mecanismului este dat de:

$$M = 6(n-1)-5c_5 \tag{3.2}$$

În cazul lanţurilor cinematice deschise:

$$n = c_5 + 1 \tag{3.3}$$

de unde:

$$M = c_5 = n-1 \tag{3.4}$$

şi deci prin urmare: $M = 6$, $c_5 = 6$ şi $n = 7$

Condiţia desmodromiei (mişcării determinate) a unui mecanism este:

$$M = \Sigma p_c \tag{3.5}$$

unde: Σp_c este numărul parametrilor cinematici relativi ai elementelor cuplelor cinematice conducătoare (impuşi de surse de energie mecanică exterioară).

Numărul cuplelor cinematice conducătoare de clasa a 5-a fiind:

$$c_{5c} \leq c_5 \tag{3.6}$$

şi

$$M = \Sigma p_c = c_{5c}.p_{c5} = c_{5c}$$

unde: p_{c5} - este parametrilor cinematici relativi impuşi la cuple cinematice conducătoare de clasa 5-a.

Rezultă:

$$M = c_{5c} \tag{3.7}$$

În conformitate cu (6.25) şi (6.26):

$$M = c_5 = c_{5c} \tag{3.8}$$

Mecanismele dispozitivului de ghidare sunt desmodrome dacă toate cuplele cinematice sunt cuple cinematice conducătoare.

Concluzia explică de ce se folosesc numai cuple cinematice de clasa a 5-a în cadrul mecanismelor dispozitivului de ghidare: numai mişcările relative ale elementelor acestora pot fi acţionate cu motoarele uzuale (liniare sau rotative).

Cuplele cinematice conducătoare ale dispozitivului de ghidare se numesc axe (denumirea provine de la axa cuplei de rotaţie, respectiv axa, deci direcţia cuplei de translaţie).

Structura dispozitivului de ghidare cu topologia serială se descrie prin intermediul şirului de litere care semnifică axele sale, începând cu axa mai apropiată de bază şi terminând cu cea apropiată efectorului final, spre exemplu: RTTRRR (rotaţie, translaţie, translaţie, rotaţie, rotaţie, rotaţie).

Primele 3 axe şi 4 elemente (inclusiv baza) constituie mecanismul generator de traiectorie, având minimul gradului de mobilitate:

$$M_{MGT} = 3 \tag{3.9}$$

iar ultimele 3 axe şi 3 elemente constituie mecanismul de orientare având numărul gradelor de libertate

$$L_0 = 3 \tag{3.10}$$

Evident, numărul gradelor de mobilitate ale dispozitivului de ghidare este:

$$M = M_{MGT} + L_0 = 3+3 = 6 \tag{3.11}$$

În unele operaţii de montaj, sau la extragerea unui obiect dintr-o mulţime neordonată aflată într-un container se necesită pentru evitarea unor obstacole neprevizibile, se necesită ca elementele dispozitivului de ghidare să aibă mai multe posibilităţi de a se dispune pentru aceeaşi situare a efectorului final.

Această posibilitate se numeşte redundanţa dispozitivului de ghidare, definindu-se gradul de manevrabilitate

$$M_a = M-6 \qquad (3.12)$$

Unele dispozitive de ghidare care au la bază lanţuri cinematice închise se numesc "cu topologie serială".

3.3 Mecanisme generatoare de traiectorie (MGT). Spaţii de lucru şi spaţii de coliziune

Modificarea poziţiei punctului caracteristic se realizează prin intermediul *mecanismului generator de traiectorie* – parte componentă a dispozitivului de ghidare.

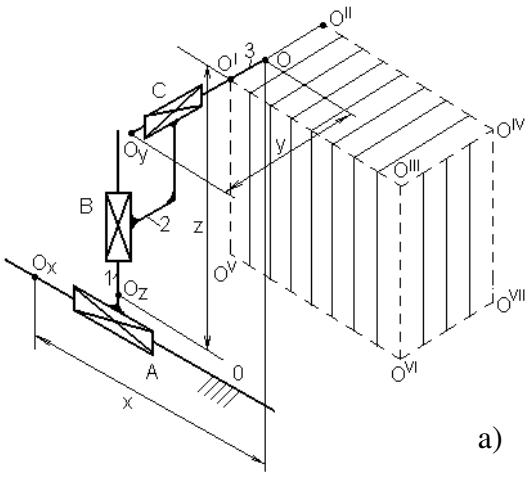
În principiu mecanismul generator de traiectorie trebuie să aibă gradul de mobilitate trei, deoarece el realizează modificarea coordonatelor (x, y, z) ale punctului caracteristic.

Numărul de structuri posibile pentru mecanisme spaţiale desmodrome este de 2^3=8 şi aceste variante sunt:

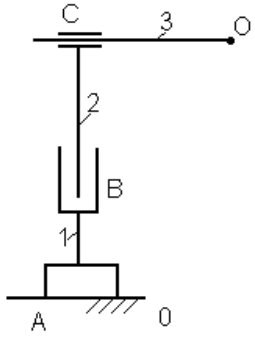
TTT	TTR	TRT	TRR
RTT	RTR	RRT	RRR

unde s-a notat cu T cupla de translaţie şi cu R cupla de rotaţie.

În figurile 3.6 sunt prezentate schemele cinematice pentru structuri de mecanisme generatoare de traiectorie spaţiale cele mai utilizate.

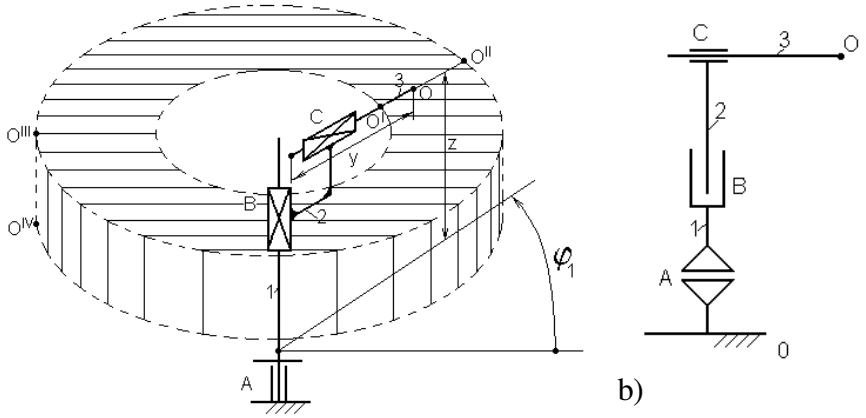


a)



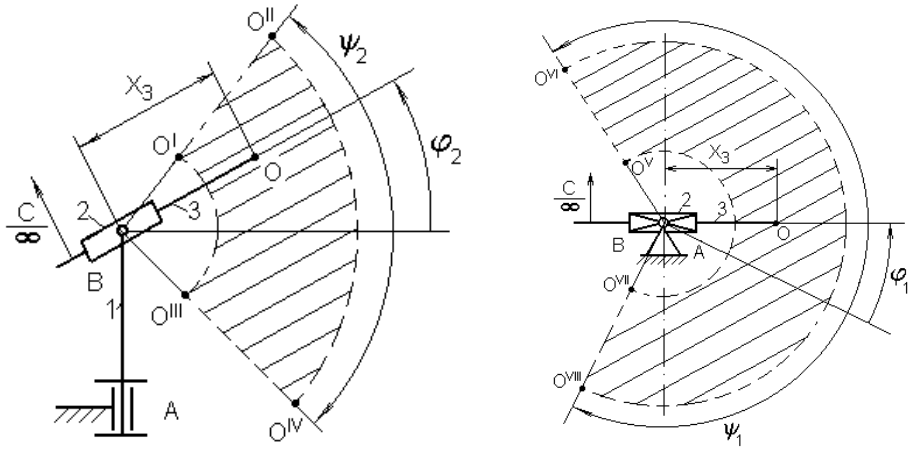
În figura 3.6.a se prezintă varianta TTT - robot în coordonate carteziene

În figura 3.6.b se prezintă varianta RTT - robot în coordonate cilindrice.

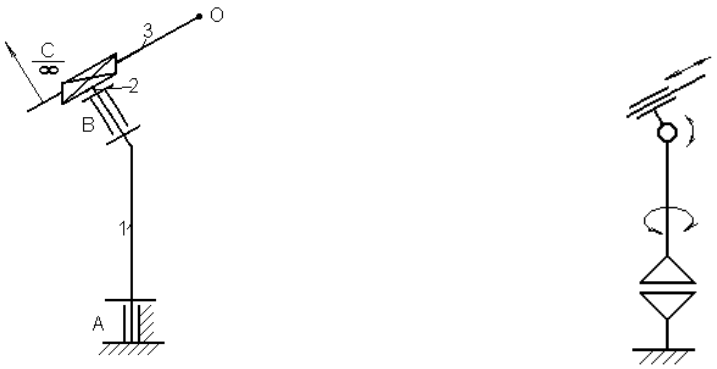


b)

În figura 3.6.c se prezintă varianta RRT - robot în coordonate sferice în planul care conţine axa cuplei de rotaţie A, şi respectiv în planul care este perpendiculară pe axa cuplei de rotaţie A:



c)



În figura 3.6.d se prezintă varianta RRR - robot în coordonate polare în planul care conţine axa cuplei de rotaţie A, şi respectiv în planul care este perpendiculară pe axa cuplei de rotaţie A:

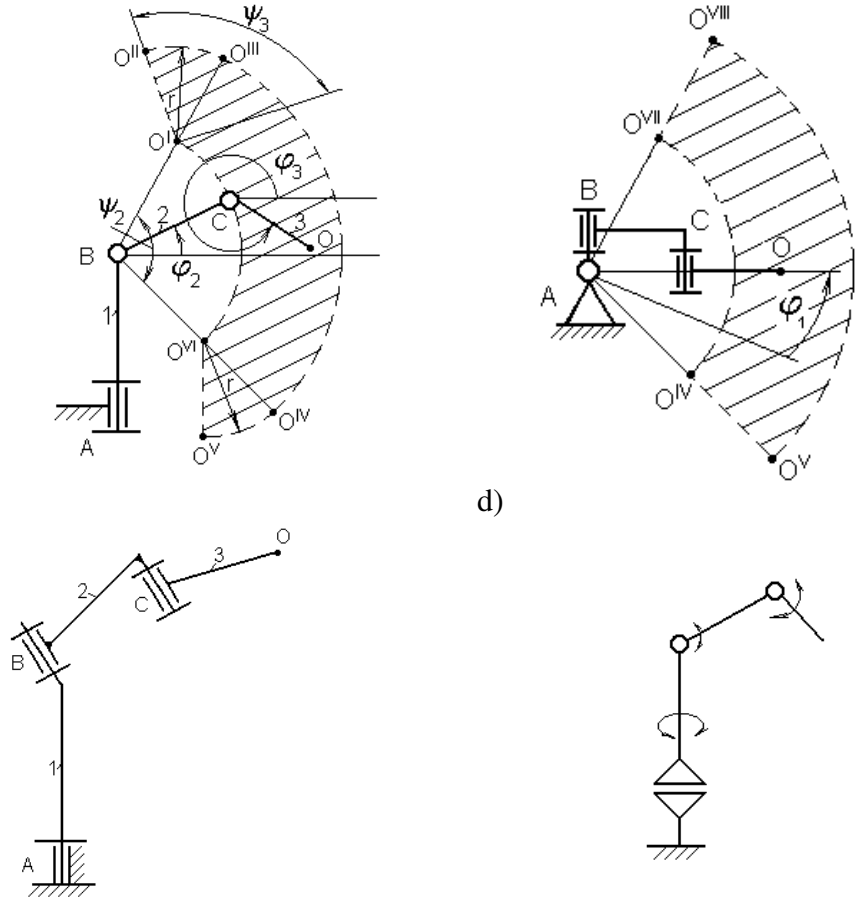


Fig.3.6. Scheme cinematice pentru roboţii de tip TTT, RTT, RRT şi RRR

Definiţie. Se defineşte cu spaţiu de lucru locul geometric care conţine mulţimea poziţiilor posibile ale punctului caracteristic. Spaţiul de lucru este delimitat de puncte, linii sau suprafeţe.

Definiţie. Spaţiul de coliziune se defineşte ca fiind locul geometric al poziţiilor care pot fi ocupate de punctele elementelor sistemului mecanic al robotului şi al obiectului manipulat.

3.4.Mecanismul de orientare. Unghi caracteristic, unghi auxiliar.

Mecanismul de orientare este o componentă a dispozitivului de ghidare, care realizează funcţia de orientare a obiectului manipulat. Lanţul cinematic care stă la baza mecanismului de orientare are maximum trei grade de libertate, iar cuplele cinematice conducătoare din componenţa sa sunt numai cuple de rotaţie.

Dacă se ataşează de ultimul element al mecanismului generator de traiectorie un sistem de referinţă triortogonal xOyz, astfel încât axa Ox să fie în prelungirea axei ultimului element al MGT, atunci făcând o analogie cu mişcările anatomice ale mâinii umane se pot identifica următoarele mişcări:

- pronaţie – supinaţie (ROLL) pentru mişcarea în jurul axei Ox;
- flexie – extensie (PITCH) pentru mişcarea în jurul axei Oy;
- aducţie – abducţie (YAW) pentru mişcarea în jurul axei Oz.

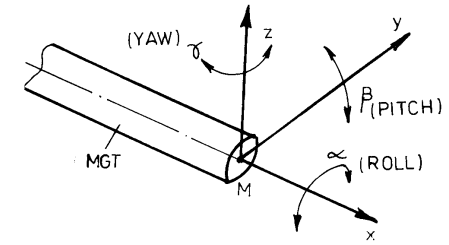


Fig.3.7. Rotaţiile mecanismelor de orientare

Dacă se consideră o poziţie a punctului caracteristic şi poziţiile succesive pe care le poate lua dreapta caracteristică în jurul acelui punct fix, se defineşte *unghi caracteristic* unghiul solid cu vârful în acel punct fix, care conţine mulţimea poziţiilor (fascicol) dreptei caracteristice corespunzătoare obiectului manipulat.

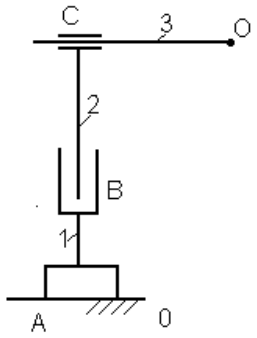
Unghiul auxiliar se defineşte similar, ca fiind unghiul solid cu vârful în punctul fix determinat de punctul caracteristic, care conţine mulţimea poziţiilor posibil de ocupat de dreapta auxiliară.

Întrebări de autoevaluare

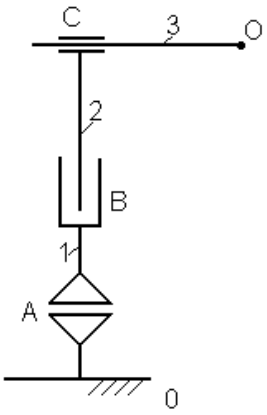
1. Definiţi robotul.
2. Care este rolul sistemului mecanic al robotului.
3. Cum se numeşte efectorul final al robotului care manipulează obiecte.
4. Prin intermediul cărui mecanism se realizează modificarea poziţiei punctului caracteristic.
5. Funcţia de orientare a obiectului manipulat se realizează de către mecanismul de …… .

Teste grilă

1. Ce spaţiu de lucru are robotul din figură:
   a) paralelipiped;
   b) cilindru;
   c) sferă
   d) nici unul din cele de mai sus.



2. Ce spaţiu de lucru are robotul din figură:
   a) paralelipiped;
   b) cilindru;
   c) sferă
   d) nici unul din cele de mai sus.



Soluţii: 1. a 2. b

Rezumat

Conform ISO 8373 robotul industrial se defineşte ca fiind un manipulator programabil controlat automat, reprogramabil, multiscop, cu trei sau mai multe grade de libertate, care poate fi fix dar şi mobil, folosit în automatizarea aplicaţiilor industriale.

După cum se observă în definiţia de mai sus sunt utilizaţi următorii termeni:

- reprogramabil: a cărei mişcări programate sau funcţii auxiliare pot fi schimbate fără modificări fizice.

- multiscop: capacitatea de a se adapta la diferite aplicaţii ce se modifică fizic.

- modificări fizice: modificări ale structurii mecanice sau ale sistemului de conducere, excepţie făcând schimbările de suporturi de program, ROM, etc.

O altă definiţie este următoarea: Robotul este un sistem mecatronic capabil să execute operaţii similare cu cele executate de om cu membrele sale (braţe, picioare), sub supravegherea ochilor săi, coordonarea între mână şi ochi realizându-se prin creier.

Sistemul mecanic al robotului are rolul de a asigura realizarea mişcărilor acestuia şi transmiterea energiei mecanice necesare interacţiunii cu mediul. Subsistemul din cadrul sistemului mecanic dedicat acestei interacţiuni este efectorul final.

Modificarea poziţiei punctului caracteristic se realizează prin intermediul *mecanismului generator de traiectorie* – parte componentă a dispozitivului de ghidare.

În principiu mecanismul generator de traiectorie trebuie să aibă gradul de mobilitate trei, deoarece el realizează modificarea coordonatelor (x, y, z) ale punctului caracteristic. Mecanismul de orientare este o componentă a dispozitivului de ghidare, care realizează funcţia de orientare a obiectului manipulat. Lanţul cinematic care stă la baza mecanismului de orientare are maximum trei grade de libertate, iar cuplele cinematice conducătoare din componenţa sa sunt numai cuple de rotaţie.

Bibliografie

9. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
10. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
11. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
12. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 4. EFECTORUL FINAL AL ROBOTULUI

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Ce este efectorul final.
- Ce este elementul de cuplare.
- Ce este elementul de complianţă.

***Cuvinte cheie*:** efector final, element de cuplare, complianţă, modul de micromişcare, degete, bacuri. prehensiune.

Cuprinsul Modului:

4.1 Structura efectorului final

4.2. Elementul de cuplare EC

4.3. Elementul de complianţă - E.Co

4.4 Modulul de micromişcare - MM.

4.5. Elementul de acţionare - AC.

4.6 Degete şi bacuri - D, B.

4.7 Dispozitive de prehensiune neconvenţionale.

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

4.1 Structura efectorului final

Efectorul final este purtat de dispozitivul de ghidare în situările necesare procesului. Efectorul final poate fi (figura 4.1.):

- DP- dispozitiv de prehensiune (în cazul în care RI este destinat să manipuleze obiectele);

- S-sculă (operaţie de prelucrare fără sursă de energie suplimentară);

- CF- cap de forţă şi sculă (se necesită şi o sursă de energie - motor Mo - care acţionează scula - de obicei utilizând o transmisie mecanică - TM).

Arhitectura generală a efectorului final se prezintă în figura 4.2.

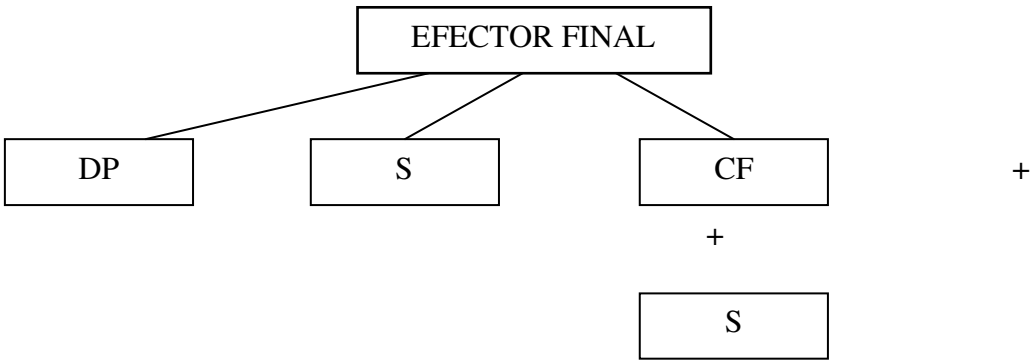


Fig.4.1.Structura efectorului final

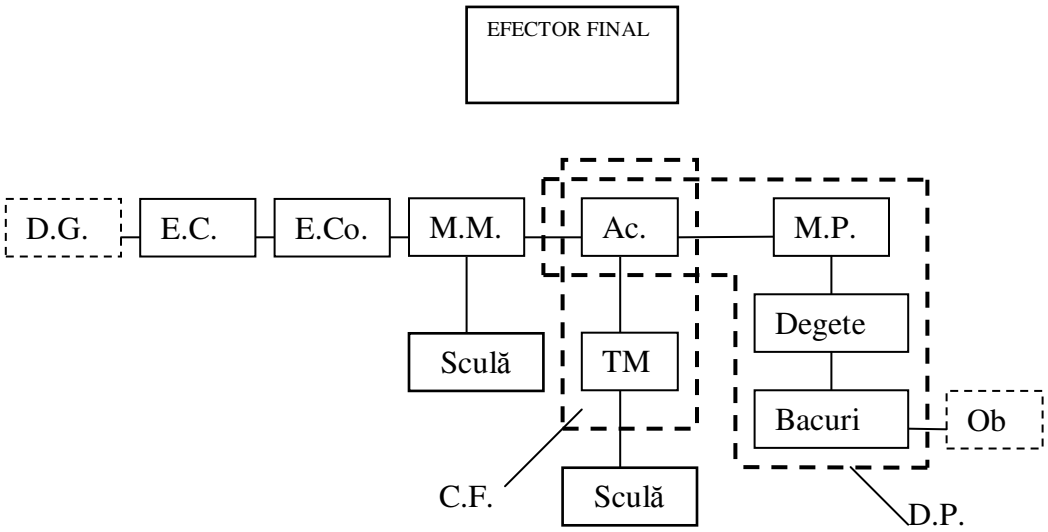


Fig.4.2 Arhitectura efectorului final

4.2. Elementul de cuplare EC

EC realizează cuplarea efectorului final de ultimul element al dispozitivului de ghidare. Elementul de cuplare constituie partea efectorului final pe care se "clădesc" toate elementele acestuia.

Elementul de cuplare trebuie să asigure o situare stabilită a efectorului final faţă de dispozitivul de ghidare. De asemenea el trebuie să permită schimbarea automată a efectorului final.

Trecerea RI de la o sarcină la alta se asigură prin reprogramare şi schimbarea efectorului final. Deci elementul de cuplare trebuie să aibă o construcţie adecvată.

Cea mai simplă soluţie constructivă a EC este cea a cuplajului rigid cu două flanşe de legătură una pe ultimul element al DG şi una pe EF.

Schimbarea automată a efectorului final este posibilă în cazul în care elementul de cuplare se realizează fie prin închidere prin formă (spre ex.: cuplaje tip baionetă), fie prin închidere prin forţă (spre ex.: cu bucşe elastice).

4.3. Elementul de complianţă - E.Co

Elementul de complianţă are rolul de a introduce o posibilitate de mişcare relativă între ultimul element al dispozitivului de ghidare (DG) şi efectorul final al robotului.

Aproximativ 70% din operaţiile de montaj cuprind introducerea unui obiect într-un alezaj fiind urmată de o rotaţie, în cazul asamblărilor filetate. Se necesită realizarea suprapunerii axelor alezajului şi respectiv a bolţului ce trebuie introdus în alezaj. Mişcarea relativă între ultimul element al dispozitivului de ghidare (DG) şi efectorul final pe care o permite elementul de complianţă va facilita suprapunerea axei bolţului peste cea a alezajului sub acţiunea forţelor care apar.

Implementarea unui element de complianţă permite realizarea unor RI mai puţin precişi (având un cost mai redus).

Schema reprezentări plane a elementului de complianţă RCC este prezentată în figura 4.3.a. El are la bază două patrulatere articulate cu elemente elastice (lamelele L şi L').

Pentru realizarea complianţei în spaţiu se utilizează trei mecanisme patrulatere în plane decalate cu unghiuri diedre de 60°.

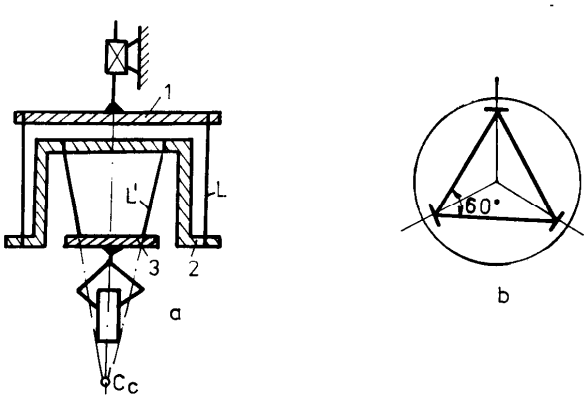


Fig.4.3.Element de complianţă RCC

4.4 Modulul de micromişcare - MM.

Modulul de micromişcare permite o corectare comandată a poziţiei relative a efectorului final în raport cu ultimul element al dispozitivului de ghidare.

MM are la bază un mecanism cu o cuplă cinematică conducătoare de translaţie sau de rotaţie.

Exemplu de utilizare a unui modul de micromişcare: livrarea sau evacuarea unui semifabricat dintr-un dispozitiv de lucru (universal de strung) se poate face cu un mecanism având o cuplă suplimentară de translaţie care este comandata independent şi care se utilizează doar în acest scop.

4.5. Elementul de acţionare AC

Elementul de acţionare este o sursă de energie mecanică suplimentară inclusă în structura EF şi care are următoarele scopuri:

- pune în mişcare elementele cuplelor cinematice conducătoare ale modulului de micromişcare;

- pune în mişcare mecanismul de prehensiune;

- conferă o mişcare sculei (dacă EF este un cap de forţă).

Elementele de acţionare se deosebesc după:

- natura motorului de acţionare: liniar, rotativ;
- natura sursei de acţionare: pneumatic, hidraulic (mai rar),electric.

În unele cazuri ele au în componenţa lor şi transmisii mecanice.

4.6. Mecanismul de prehensiune - MP

MP are drept scop transmiterea mişcării şi a forţei de strângere de la elementul de acţionare la degetele DP care poartă bacurile.

Structura mecanismului de prehensiune depinde de numărul de degete cu care este prevăzut dispozitivul de prehensiune. Dexteritatea prehensiunii scade relativ încet cu numărul degetelor din componenţa mecanismului de prehensiune (tabelul 6.1).

Tabelul 4.1.

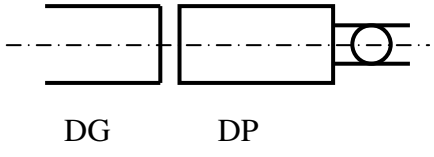
Numărul degetelor	Capacitatea de prehensiune (%)
5	100
4	99
3	90
2	40

În funcţie de poziţia mecanismului de prehensiune în raport cu ultimul element al dispozitivului de ghidare apar două posibilităţi:

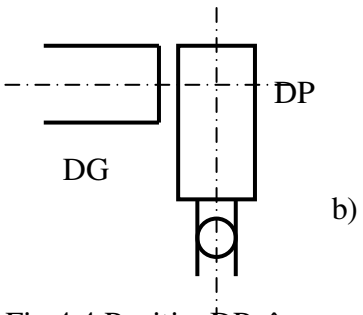
- mecanism de prehensiune având degetele paralele cu axa ultimului element al dispozitivului de ghidare (fig.4.4.a.);
- mecanism de prehensiune având degetele perpendiculare pe axa ultimului element al dispozitivului de ghidare (fig.4.4.b.);

În funcţie de modul de prindere al obiectului manipulat apar de asemenea două posibilităţi:

- prindere prin apropierea degetelor – prindere exterioară (fig.4.5.a);
- prindere utilizând o mişcare divergentă a degetelor – prindere interioară (fig.4.5.b);



a)



b)

Fig.4.4.Poziţia DP în raport cu ultimul element al dispozitivului de ghidare

Dispozitivele de prehensiune prezentate mai sus sunt dispozitive de prehensiune simple.

Există şi dispozitive de prehensiune duble sau multiple (pentru lungimi mari ale obiectului de manipulat – fig.4.6).

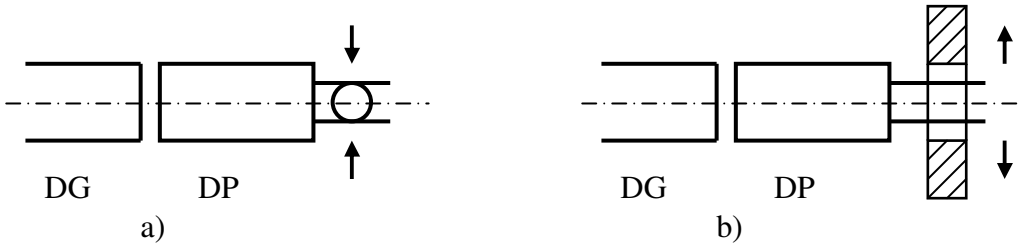


Fig.4.4. Mişcări posibile ale degetelor în raport cu obiectul de lucru

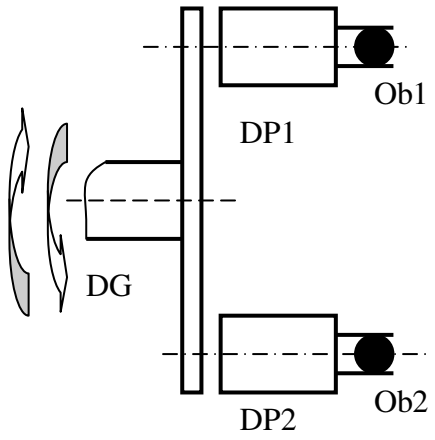


Fig.4.7. Dispozitiv de prehensiune dublu pentru livrarea şi evacuarea obiectelor de lucru la aceiaşi situare a ultimului element al dispozitivului de ghidare

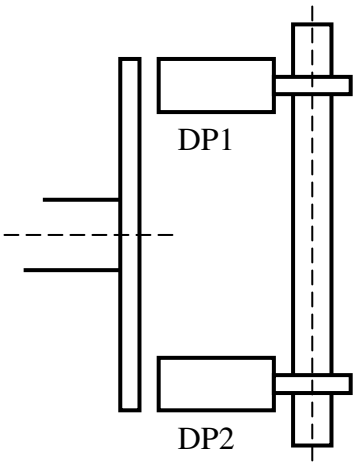


Fig.4.6. Dispozitiv de prehensiune dublu pentru prehensarea obiectelor de lucru lungi

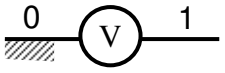
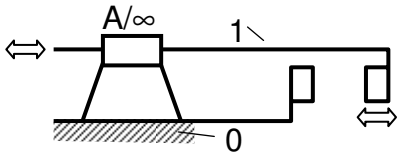
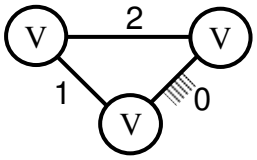
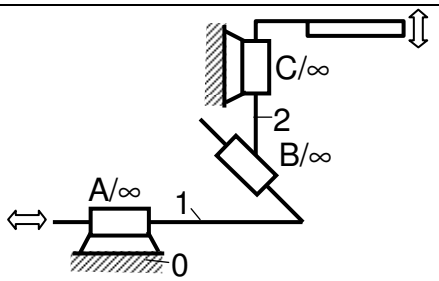
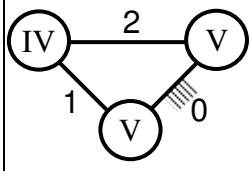
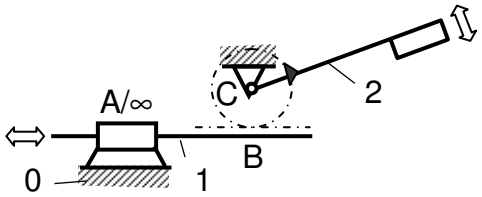
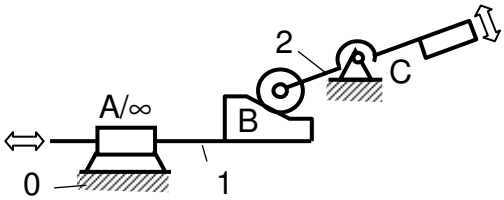
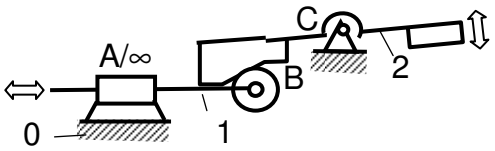
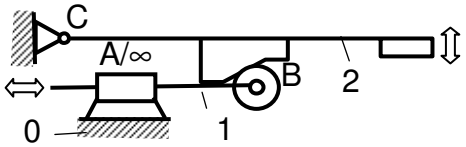
Există dispozitive de prehensiune duble şi la RI care alimentează o maşină-unealtă astfel încât DP_1 este încărcat şi DP_2 este neîncărcat – fig.4.7.

Dispozitivele de prehensiune duble se utilizează pentru prehensarea unor obiecte lungi (figura 4.7) sau pentru livrarea şi evacuarea obiectelor de lucru la aceiaşi situare a ultimului element al dispozitivului de ghidare.

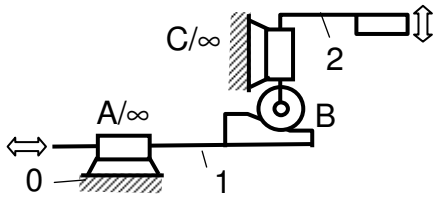
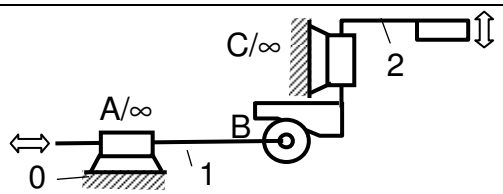
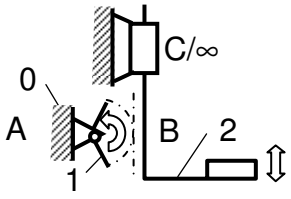
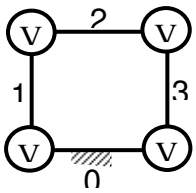
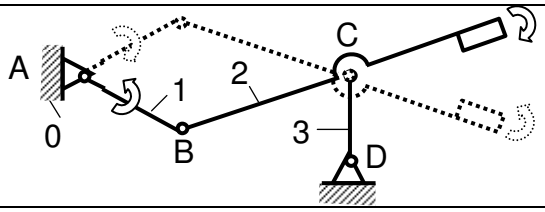
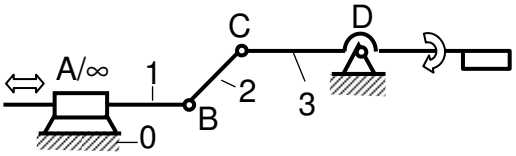
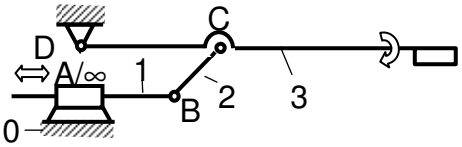
Mişcarea unui deget al dispozitivului de prehensiune se realizează fiecare prin intermediul unui mecanism desmodrom. Totalitatea mecanismelor care acţionează degetele dispozitivului de prehensiune formează mecanismul de prehensiune.

Mecanismul de prehensiune ce acţionează un deget are la bază un lanţ cinematic desmodrom cu două, trei sau patru elemente, câteva exemple fiind prezentate în tabelul 3.1.

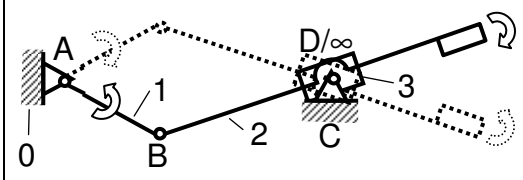
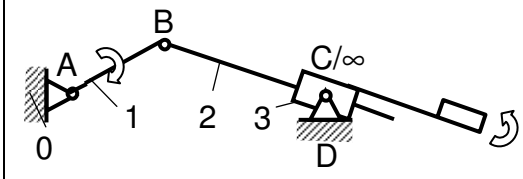
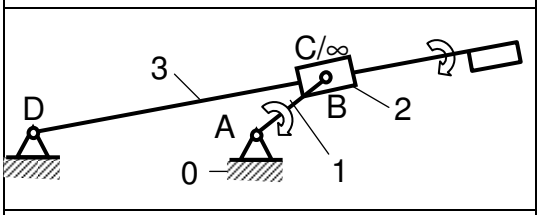
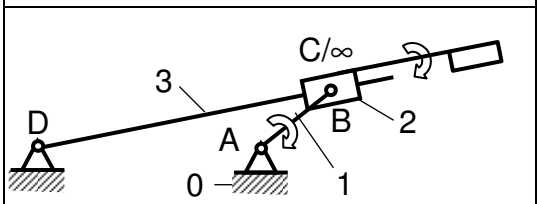
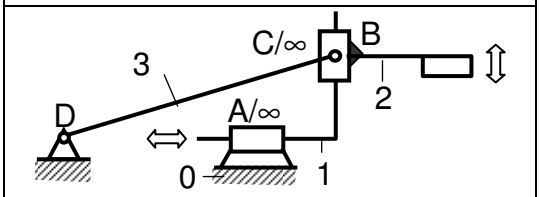
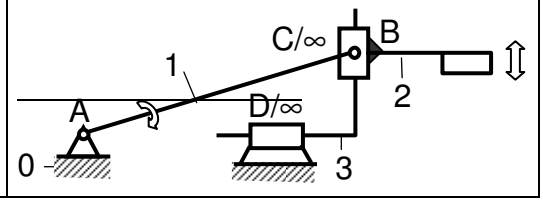
Tab. 3.1

Nr	n	c_5	c_4	Schema structurală a lanţului cinematic	Schema cinematică a lanţului cinematic
1	2	1	0		
2	3	3	0		
3	3	2	1		   

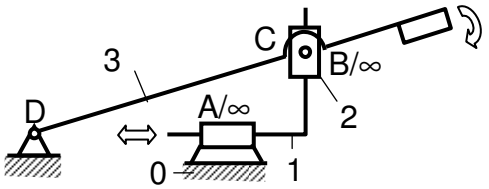
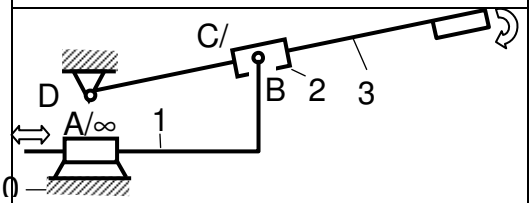
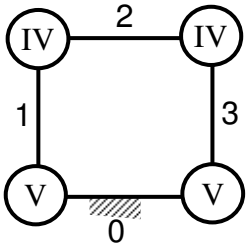
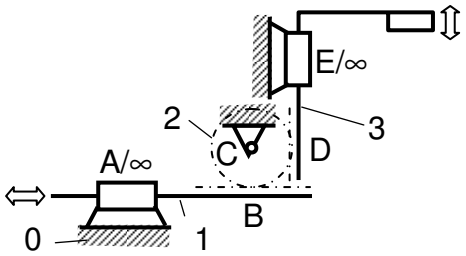
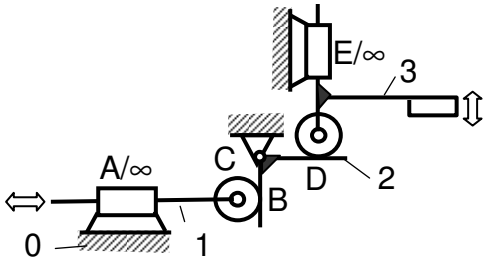
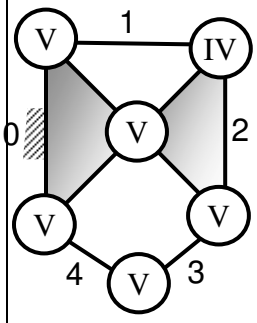
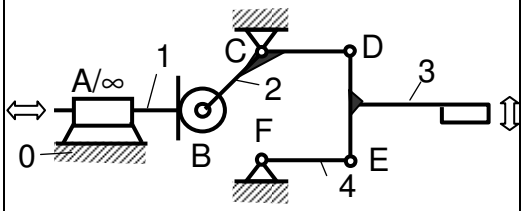
Nr	n	c_5	c_4	Schema structurală	Schema cinematică

				a lanţului cinematic	a lanţului cinematic
					
					
3					
4	4	4	0		
					
					

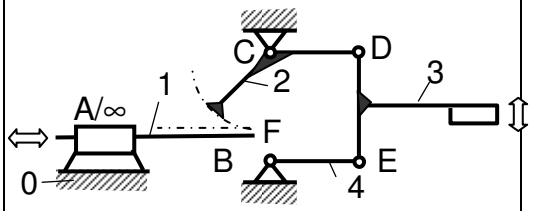
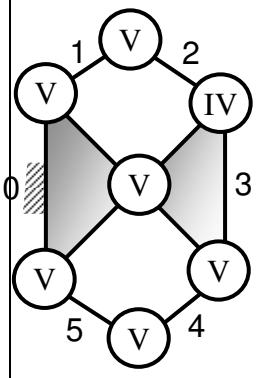
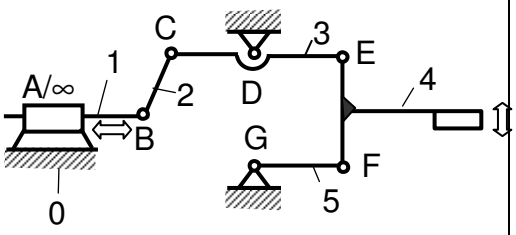
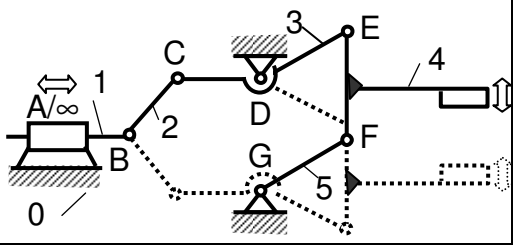
Nr	n	c_5	c_4	Schema structurală	Schema cinematică

				a lanţului cinematic	a lanţului cinematic
					
					
					
					
					
4					

Nr	n	c_5	c_4	Schema structurală a	Schema cinematică

				lanţului cinematic	a lanţului cinematic
					
					
5	4	3	2		
					
6	5	5	1		

Nr	n	c_5	c_4	Schema structurală a	Schema cinematică

				lanţului cinematic	a lanţului cinematic
					
7	6	7	0		 

Motoarele hidraulice se utilizează mai rar pentru acţionarea MP, doar la RI cu acţionare hidraulică sau dacă se necesită forţe de strângere mari.

Cele mai des utilizate sunt motoarele pneumatice cu motor liniar şi care prezintă următoarele avantaje:

- viteză mare;
- uşurinţă în racordare la reţeaua de aer comprimat;
- aerul comprimat fiind fluid elastic conferă elasticitate prehensării;

Acţionarea MP cu motor electric rotativ prezintă dezavantajul necesităţii unei transmisii mecanice ceea ce îngreunează subansamblu. Se necesită de asemenea un cuplaj de siguranţă şi un întrerupător automat.

Acţionarea electromagnetică asigură viteze mari similare cu cele de la acţionarea cu pneumo-motor. Se utilizează când RI este acţionat electric, respectiv dacă în secţia de exploatare a RI nu există sursă pneumatică.

4.6 Degete şi bacuri

S-a arătat, că degetele reprezintă elementele conduse ale mecanismului de prehensiune. Ele vin în contact cu obiectul manipulat fie nemijlocit, fie prin intermediul bacurilor pe care le poartă.

Degetele utilizate în construcţia dispozitivelor de prehensiune pot fi rigide-constituind un corp unic, rigide - asamblate din mai multe corpuri, apoi pot fi legate între ele prin cuple cinematice de rotaţie (degete articulate), elastice şi deformabile.

Bacurile utilizate în construcţia dispozitivelor de prehensiune sunt la rândul lor legate rigid de deget, articulate faţă de acesta, suprafeţele de contact cu obiectul fiind invariabil plane, cilindrice, sferice, tronconice, neregulate oarecare sau cu geometrie variabilă.

Îmbinarea bacurilor cu degete poate fi nedemontabilă sau demontabilă. În ultimul caz, bacurile se pot schimba în funcţie de forma obiectelor care urmează a fi manipulate.

Unele degete şi bacuri cu formă geometrică variabilă se adaptează la forma geometrică a obiectului manipulat (a suprafeţei acestuia) şi cu capacitatea de a "memora" forma geometrică adoptată (degete şi bacuri "instruibile").

Degetele constituite dintr-un corp unic rigide au forma unor bare dreptunghiulare sau curbe de diferite secţiuni.

Degetele articulate conţin fiecare mai multe elemente rigide legate prin cuple cinematice de rotaţie, mişcarea lor relativă fiind acţionată de către elementul de acţionare al dispozitivului de prehensiune într-un mod similar cum sunt acţionate falangele degetelor umane, cu fire / cabluri tensoare - extensoare. Ca urmare, elementele componente ale degetului se vor dispune cu suprafeţele lor tangente la suprafaţa obiectului manipulat, realizându-se contactul deget-obiect în mai multe puncte, cupla cinematică de clasa VI-a între acesta din urmă şi dispozitivul de prehensiune închizându-se prin formă ("învăluire").

Situările relative ale elementelor degetelor se pot menţine în timp prin inactivarea elementului care le acţionează. În acest caz dispozitivul de prehensiune se "instruieşte" pentru manipularea unor obiecte de formă geometrică identică cu forma primei piese prehensate. La schimbarea formei obiectului manipulat, situările relative ale elementelor degetelor se "uită" prin acţionarea mişcării lor relative. Degetele articulate nu poartă bacuri. În fig. 4.9 se prezintă prehensarea unui obiect cu un dispozitiv de prehensiune având degete articulate.

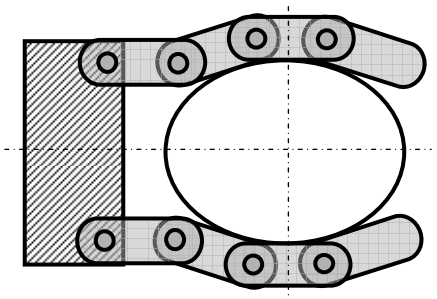


Fig. 4.9. Prehensarea unui obiect cu ajutorul unor degete articulate

Degetele elastice sunt constituite din lame metalice elastice. Se încadrează în această categorie acele degete care au la prehensarea obiectului, în zona bacurilor, o săgeată mai mare decât exactitatea de poziţionare de repetabilitate a robotului din care face parte dispozitivul de prehensiune.

Degetele elastice permit dispozitivului prehensarea unor obiecte ale căror forme şi dimensiuni variază în limite restrânse (dispozitive de prehensiune universale).

În cazul în care degetele elastice au la extremităţi săgeţi de mărime comparabilă cu mărimile curselor generalizate ale extremităţilor degetelor rigide, dispozitivele de prehensiune cu asemenea degete nu au nevoie de mecanisme de prehensiune. Bacurile degetelor vor fi prevăzute în acest caz cu suprafeţe înclinate. Reacţiunile care acţionează de la obiect la degete pe aceste suprafeţe "deschid" degetele înaintea prehensiunii. În fig. 4.10 se prezintă un dispozitiv de prehensiune cu două degete elastice.

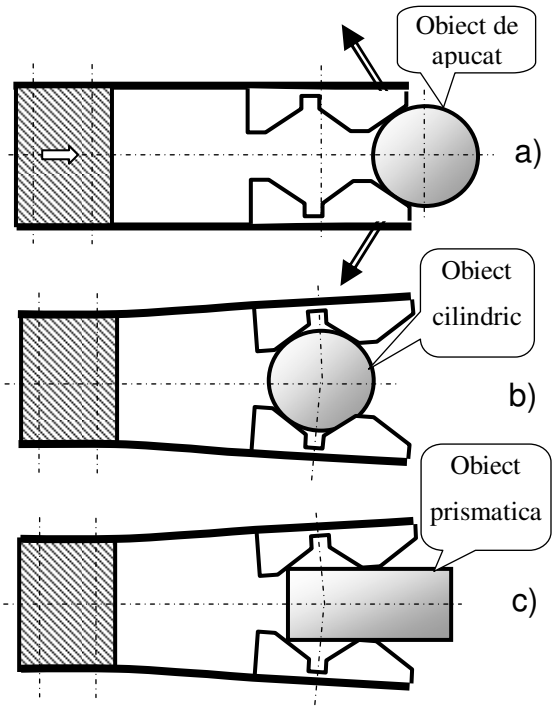


Fig. 4.10. Dispozitiv de prehensiune universal cu două degete elastice

Degetele deformabile sunt construite din tuburi lise sau gofrate din materiale plastice. Pentru prehensarea obiectului se introduce în interiorul tuburilor-degete aer comprimat sau depresurizat.

În fig. 4.11 se prezintă un dispozitiv de prehensiune cu degete deformabile, la care forţa de strângere se realizează în principal datorită depresiunii aerului din degete şi deformării elastice a degetelor.

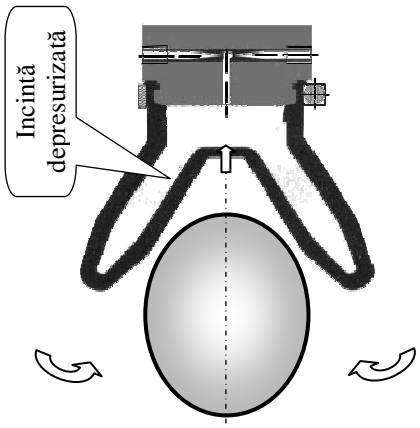


Fig. 4.11. Dispozitiv de prehensiune cu degete deformabile (de "Bears")

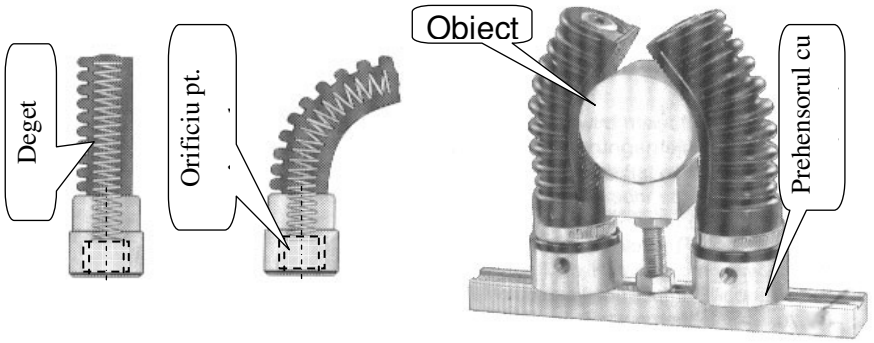


Fig. 4.12. Dispozitiv de prehensiune cu degete deformabile care învăluie obiectul

În fig. 4.12 este prezentat un dispozitiv de prehensiune cu degete deformabile care "învăluie" obiectul. Degetul ("SIMRIT") este în acest caz un tub de material plastic închis la un capăt, având pe o jumătate a sa gofraje care îi micşorează rigiditatea la întindere. În cazul pătrunderii aerului comprimat în interiorul tubului, partea gofrată se întinde mai mult decât cea negofrată şi degetul se îndoaie.

Dispozitivele de prehensiune prevăzute cu degete deformabile nu au nevoie de mecanismul de prehensiune; degetele deformabile nu poartă bacuri.

La dispozitivele cu mecanisme de prehensiune, bacurile sunt montate pe degete cu ajutorul unor şuruburi sau sunt legate de acestea prin intermediul unor articulaţii de tipul cuplelor de rotaţie sau sferice (fig.4.13.b, c). Bacurile articulate permit adaptarea contactului la forma obiectului manipulat şi compensează eroarea de centrare a mecanismului de prehensiune.

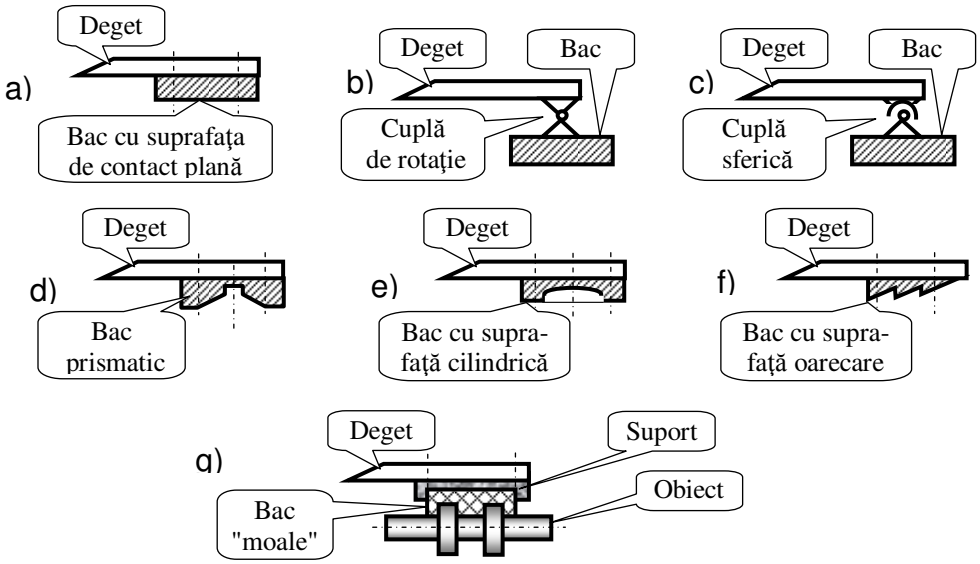


Fig. 4.13. Bacuri rigide având suprafeţe de contact cu obiectul invariabile

În fig. 4.13.d sunt prezentate bacuri rigide, ale căror suprafeţe de contact cu obiectul sunt invariabile. Ele echipează dispozitivele de prehensiune care lucrează cu strângerea obiectului manipulat.

Dacă robotul industrial manipulează un mare număr de obiecte de lucru a căror formă şi dimensiuni nu se schimbă în timp (în cadrul fabricaţiei de serie mare sau masă), se utilizează uneori bacuri rigide ale căror suprafaţă de contact constituie amprenta negativă a unei părţi a suprafeţei exterioare a obiectului manipulat (bac "moale"). Prehensoarele cu astfel de bacuri se numesc "dispozitive de prehensiune speciale".

Bacurile rigide care echipează degetele pot fi schimbate prin demontare şi montarea altora, în vederea adaptării dispozitivului la obiecte de lucru de aceeaşi formă, dar de dimensiuni diferite. Spre exemplu, degetele se pot echipa cu bacuri prismatice de diferite dimensiuni, făcând posibilă manipularea cu acelaşi dispozitiv a unor obiecte cilindrice de diametre diferite. Asemenea dispozitive poartă denumirea de "dispozitive de prehensiune specializate".

Bacurile cu suprafaţa de contact cu obiectul de geometrie variabilă pot fi la rândul lor rigide sau deformabile.

Bacurile rigide cu geometrie variabilă conţin ştifturi sau lamele cu poziţie reglabilă în raport cu corpul bacului, în funcţie de forma geometrică a obiectului (fig. 4.14). Dispozitivele de prehensiune echipate cu asemenea bacuri reglabile lucrează prin "înfăşurare".

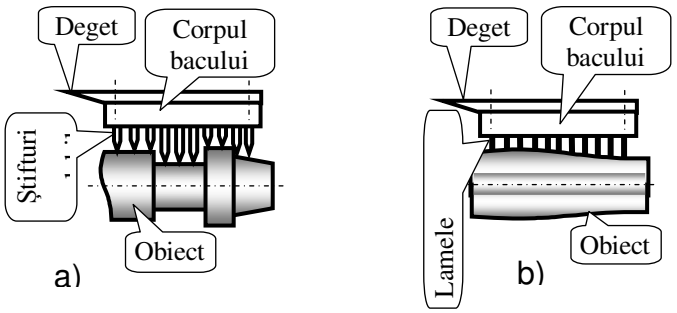


Fig. 4.14. Bacuri rigide, reglabile

Bacurile deformabile cu geometrie variabilă constau dintr-o membrană de material plastic, care se "mulează" pe suprafaţa obiectului manipulat, care astfel este prehensat prin învăluire.

În Fig. 14.15 a se prezintă un bac care vine în contact cu obiectul ca urmare a "umflării" membranei prin intermediul aerului comprimat insuflat în bac, după ce în prealabil degetul a apropiat bacul de obiect.

În Fig. 4.16.b, "punga" formată de membrana ataşată de corpul bacului este umplută cu pilitură de fier. Degetul apropie bacul de obiect şi membrana se "mulează" pe suprafaţa acestuia. Un câmp electromagnetic străbate masa de pilitură de fier, care se magnetizează şi se solidifică. Pe această cale, bacul a fost "instruit", el "învăţând" forma geometrică a suprafeţei obiectului. Înaintea trecerii la manipularea altor obiecte masa de pilitură de fier se demagnetizează şi procesul de instruire se reia pentru "învăţarea" formei noului obiect. După un principiu asemănător lucrează bacul la care punga formată este umplută cu un lichid de o anumită compoziţie chimică; bacul "memorează" forma obiectului manipulat prin solidificarea lichidului conţinut în pungă după exhaustarea aerului. Un nou contact cu aerul readuce substanţa din pungă în stare lichidă.

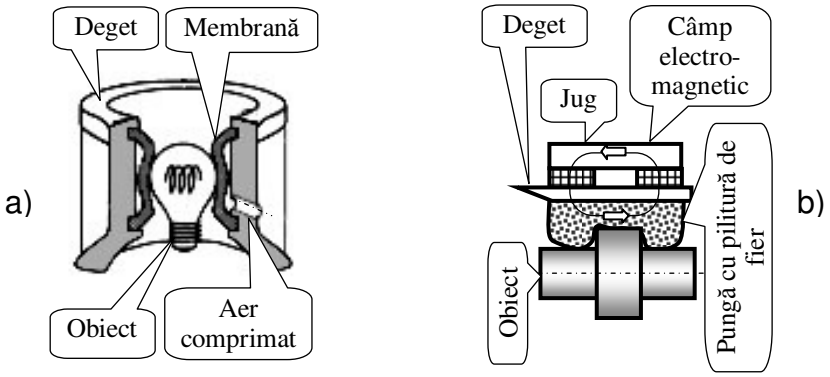


Fig. 4.15. Bacuri deformabile cu geometrie variabilă

Dispozitivele de prehensiune care se adaptează la forma geometrică a obiectului manipulat fie prin construcţia degetelor (articulate, deformabile), fie prin construcţia bacurilor ("moi", cu geometrie variabilă, rigide şi deformabile) poartă denumirea de "dispozitive de prehensiune flexibile".

În tabelul 4.1 se prezintă o "matrice" recapitulativă a principiilor funcţionale (prin strângere sau învăluire) ale dispozitivelor de prehensiune, dependente de construcţia degetelor şi bacurilor.

Tab4.1

	Fără	Geometria suprafeţei de contact a bacului

Degete		Bacuri	bacuri	Invariabilă, rigidă		Variabilă	
				Plane simple, complexe, alte forme	Amprente negative ale supraf. obiectului	Rigide	Defor-mabile
Degete	Rigide	Monocorp	Strângere	Strângere	Învăluire	Învălu-ire[1]	Învălu-ire[1]
		Articulate	Învăluire[1]	-	-	-	-
	Elastice	-	Strângere[3]	Strângere[3]	-	-	Învălu-ire[1/3]
	Defor-mabile	-	Învăluire[2]	-	-	-	-

[1] - dispozitive de prehensiune instruibile;

[2] - dispozitive de prehensiune fără mecanisme de prehensiune;

[3] - dispozitive de prehensiune realizate uneori fără mecanisme de prehensiune.

Dispozitivele de prehensiune care lucrează după principiul învăluirii - mai ales cele cu bacuri deformabile - se numesc "dispozitive de prehensiune moi" ("soft grippers").

4.7 Dispozitive de prehensiune neconvenţionale

Dispozitivele de prehensiune neconvenţionale nu au elemente de acţionare şi nu prezintă nici mecanism de prehensiune:

Dispozitive de prehensiune electromagnetice realizează solidarizarea obiectului manipulat cu suportul armăturilor unor electromagneţi prin intermediul forţelor electromagnetice dezvoltate la alimentarea electromagneţilor cu tensiune continuă – figura 4.12. Pot manipula numai obiecte feromagnetice în formă de placă.

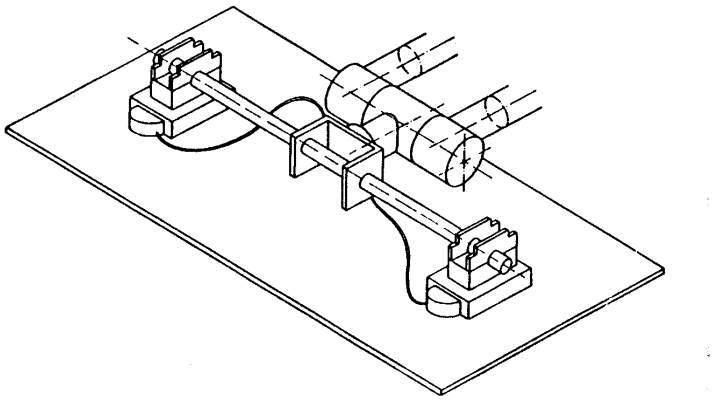


Fig.4.12. Dispozitiv de prehensiune electromagnetic

Dispozitive de prehensiune cu vid - figura 4.13 - prezintă avantajul posibilităţii manipulării şi a obiectelor sub formă de placă nemagnetice. Elementele active ale unui astfel de dispozitiv sunt ventuzele. Crearea vidului se poate realiza fie mecanic prin deformarea elastică a ventuzelor, fie cu ajutorul pompelor de vid – direct sau prin ejecţie.

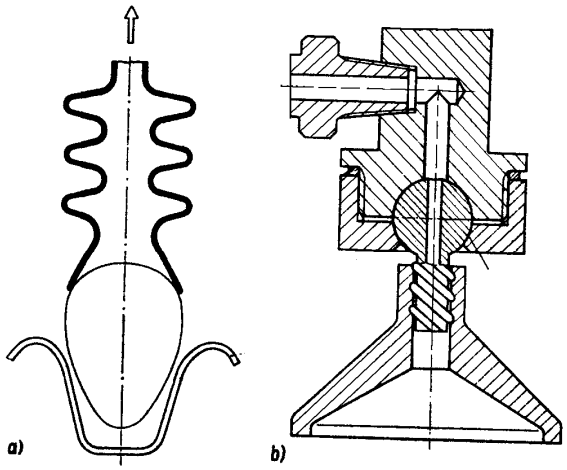


Fig.4.13. Dispozitive de prehensiune cu vid

Dispozitive de prehensiune cu aer comprimat – figura 4.14 - au degetele deformabile elastic sub acţiunea aerului comprimat.

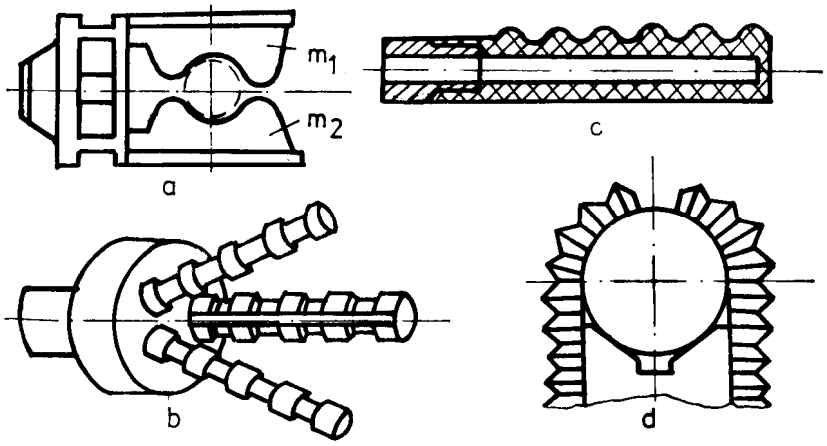


Fig.4.14 Dispozitive de prehensiune cu aer comprimat

Întrebări de autoevaluare

1. Descrieţi structura efectorului final.
2. Care este funcţia elementului de cuplare.
3. Care este funcţia elementului de complianţă.

Teste grilă

1. Elementul de cuplare.

a) realizează cuplarea efectorului final de ultimul element al dispozitivului de ghidare.
b) realizează cuplarea efectorului final de primul element al dispozitivului de ghidare.
c) realizează cuplarea efectorului final direct de MGT.

2. Modulul de micromişcare permite:

a) corectare comandată a poziţiei relative a efectorului final în raport cu MGT.
b) corectare comandată a poziţiei relative a efectorului final în raport cu ultimul element al dispozitivului de ghidare.
c) corectare comandată a poziţiei relative a MGT în raport cu ultimul element al dispozitivului de ghidare.

3. Elementul de acţionare este:

a) sursă de energie mecanică suplimentară inclusă în structura EF.
b) sursă de energie electrica suplimentară inclusă în structura EF.
c) Un element din structura mecanică a DG.

Soluţii: 1a, 2, b, 3a

Rezumat

Efectorul final este purtat de dispozitivul de ghidare în situările necesare procesului.

EC realizează cuplarea efectorului final de ultimul element al dispozitivului de ghidare. Elementul de cuplare constituie partea efectorului final pe care se "clădesc" toate elementele acestuia.

Elementul de cuplare trebuie să asigure o situare stabilită a efectorului final faţă de dispozitivul de ghidare. De asemenea el trebuie să permită schimbarea automată a efectorului final.

Elementul de complianţă are rolul de a introduce o posibilitate de mişcare relativă între ultimul element al dispozitivului de ghidare (DG) şi efectorul final al robotului.

Aproximativ 70% din operaţiile de montaj cuprind introducerea unui obiect într-un alezaj fiind urmată de o rotaţie, în cazul asamblărilor filetate.

Modulul de micromişcare permite o corectare comandată a poziţiei relative a efectorului final în raport cu ultimul element al dispozitivului de ghidare.

MM are la bază un mecanism cu o cuplă cinematică conducătoare de translaţie sau de rotaţie.

Elementul de acţionare este o sursă de energie mecanică suplimentară inclusă în structura EF.

Bibliografie

13. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
14. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
15. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
16. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 5. SISTEMUL DE ACŢIONARE AL ROBOTULUI

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Principalele acţionari utilizate la construcţia roboţilor.
- Transmisiile mecanice utilizate la construcţia roboţilor.

***Cuvinte cheie*:** motoare, acţionare, transmisie mecanică.

Cuprinsul Modului:

5.1 Motoare de acţionare

5.2. Transmisii mecanice utilizate în acţionarea roboţilor

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

5.1 Motoare de acţionare

Prin acţionare se înţelege un ansamblu de funcţii tehnice prin care se realizează transformarea energiei nemecanice într-una mecanică, în vederea punerii în mişcare relativă a unor elemente. Sursele de energie nemecanică necesare unui sistem de acţionare pot fi: electrică; termică, hidraulică, diverse.

Transformarea energiei nemecanice în energie mecanică se realizează prin intermediul unor echipamente specifice (motoare electrice, electromagneţi, turbine, pompe, compresoare de aer, motoare hidraulice, motoare pneumatice) şi se transmite direct la elementele de execuţie, sau indirect, prin intermediul unor transmisii mecanice.

În figura 4.1 s-a conceput o schemă bloc generală a unui sistem de acţionare, iar în figura 4.2 se prezintă fluxul transformărilor energetice ce au loc în sistem, de la energia primară la energia mecanică necesară punerii în mişcare a diverselor mecanisme.

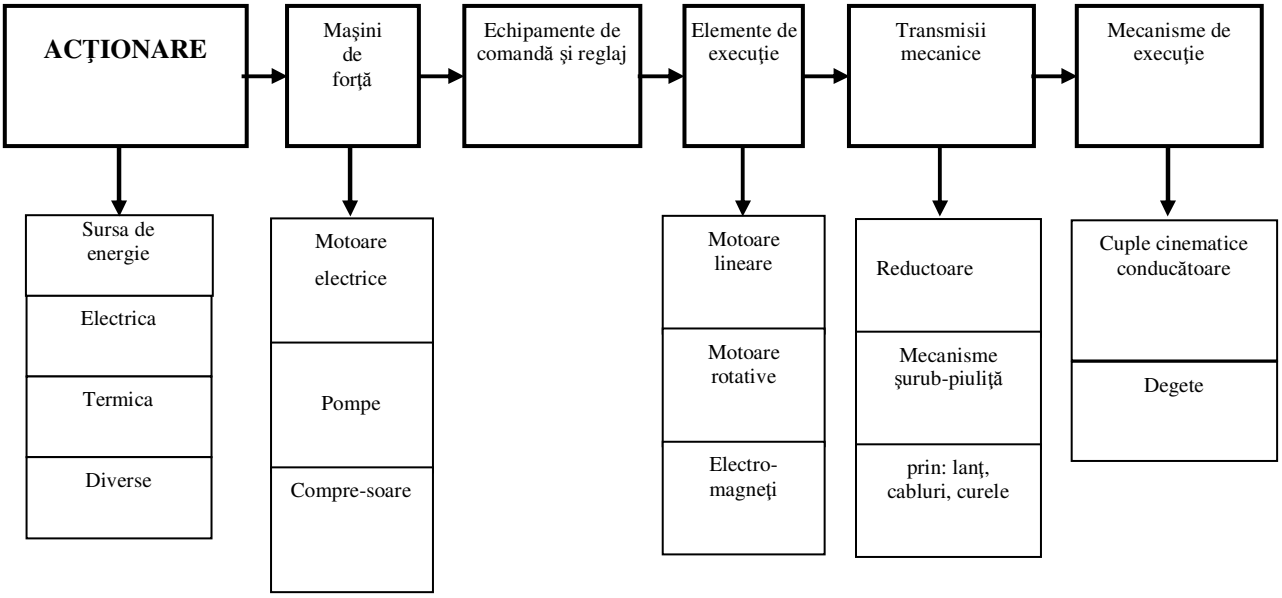


Fig.5.1 Schema bloc a unui sistem de acţionare a unui robot

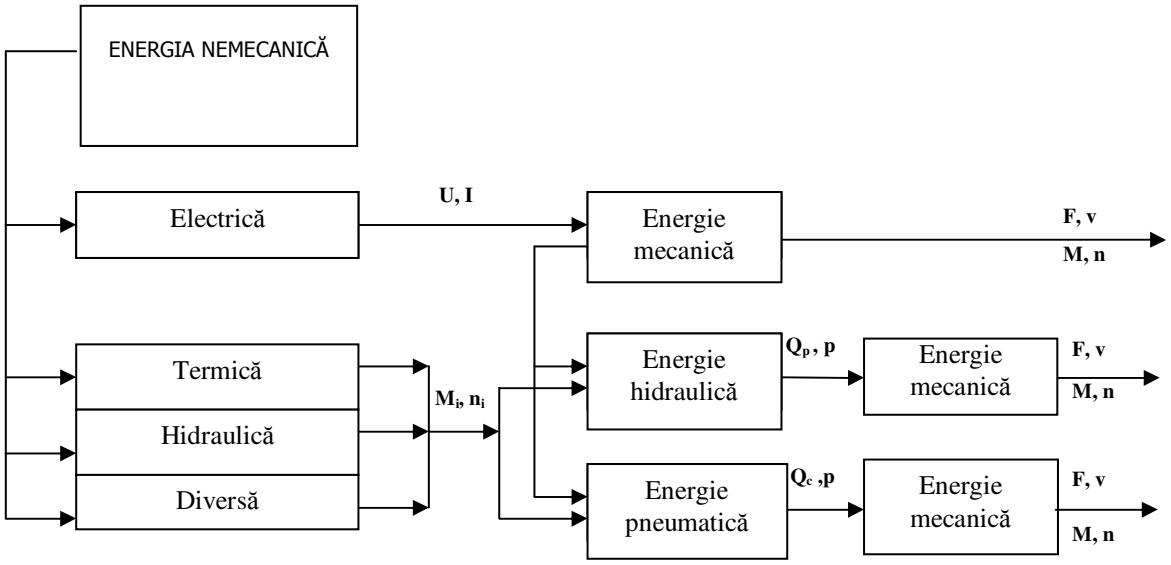


Fig.5.2. Fluxul transformărilor energetice

Locul sistemului de acţionare în structura unui robot rezultă din schema prezentată în fig. 5.2, precum si fluxul informaţional între elementele componente:

Sistemul de acţionare al unui robot cuprinde totalitatea surselor energetice mecanice ale robotului precum şi elementele de control ale acestora.

În acest sens prin sistem de acţionare al unui robot se va înţelege ansamblul motoarelor şi convertoarelor prin care se obţine energia mecanică necesară mişcării cuplelor cinematice conducătoare, precum şi dispozitivele suplimentare ce controlează acest transfer energetic.

Sistemul de acţionare cuprinde în structura sa o serie de elemente de execuţie (motoare), care realizează funcţia de acţionare la nivelul cuplelor cinematice conducătoare, fie direct, fie prin intermediul unor transmisii mecanice. Pentru realizarea interfaţării acestora cu structura mecanică, elementul fix al motoarelor în primul caz se leagă de un element al cuplei cinematice, iar elementul mobil de un element al cuplei cinematice următoare (element condus), iar în al doilea caz motorul împreună cu elementul fix al transmisiei mecanice se leagă de un element al cuplei cinematice, iar elementul mobil al acesteia se leagă de un element al cuplei cinematice următoare. Plasarea motoarelor şi a elementelor de comandă se poate face local în zona cuplelor cinematice conducătoare, sau umeral (la baza robotului), acţionarea cuplelor realizându-se prin diverse transmisii mecanice.

Plasarea locală a motoarelor de acţionare şi a elementelor de comandă a acestora prezintă o serie de avantaje cum ar fi :

- simplificarea structurii mecanice, prin eliminarea unor transmisii mecanice suplimentare;
- creşterea preciziei de poziţionare, prin eliminarea jocurilor intermediare din transmisia mecanică;
- creşterea randamentului acţionării prin eliminarea pierderilor în transmisiile mecanice suplimentare;
- eliminarea pierderilor energetice între elementul de comandă şi motorul de acţionare;
- timp de răspuns redus între comandă şi acţionare;
- posibilitatea modularizării şi interschimbabilităţii comode şi rapide a modulelor.

Prin „axă cinematică " a unui R.I. se înţelege un ansamblu compact constituit din structură mecanică, motor de acţionare, transmisii, echipamente de comandă şi reglaj, senzori şi traductoare pentru diferite mărimi, cuprinse într-un circuit de reglaj având drept scop asigurarea unor mărimi programate pentru deplasări, poziţii, viteze, forţe şi momente

În construcţia roboţilor şi manipulatoarelor se întâlnesc următoarele tipuri de acţionări:

- acţionare electrică;
- acţionare hidraulică;
- acţionare pneumatică;
- acţionare mixtă (electrohidraulică; electropneumatică; pneumohidraulică).

Alegerea sistemului de acţionare se face ţinând cont de o serie de factori cum ar fi: destinaţia, condiţiile de exploatare, capacitatea de manipulare, ritmul de lucru, temperatura şi gradul de poluare al mediului de lucru, precizia de poziţionare, posibilităţi de comandă şi conducere etc. Sistemul de acţionare al roboţilor poate fi electric, hidraulic, pneumatic sau mixt.

Acţionarea electrică este cea mai răspândită acţionare a roboţilor datorită câtorva avantaje enumerate în continuare:

- disponibilitatea cvasigenerală a energiei electrice;
- simplitatea racordării motoarelor electrice la reţeaua de distribuţie a energiei electrice;

- are un cost redus şi o construcţie robustă;
- motoarele electrice prezintă o fiabilitate ridicată;
- compatibilitate cu sistemul de comandă şi cu traductoarele/senzorii cei mai utilizaţi.

Dezavantajul major al acestui mod de acţionare îl constituie necesitatea frecventă a utilizării unor transmisii mecanice pentru adaptarea vitezei şi a forţei generalizate de ieşire din motor la cerinţele cuplelor cinematice conducătoare.

Motoarele utilizate în acţionarea electrică pot fi:

- motoare electrice de curent continuu – utilizate în majoritatea cazurilor pentru acţionarea cuplelor cinematice conducătoare – prezintă avantajul unei reglări facile a vitezei unghiulare;
- servomotoare de curent continuu – prezintă faţă de motoare electrice de curent continuu avantajul unor gabarite mai mici, a unor momente de inerţie masice ale rotoarelor mai reduse;
- motoare electrice pas cu pas – asigură o poziţionare exactă dar au dezavantajul unui moment motor sensibil micşorat la o frecvenţă ridicată a impulsurilor;
- motoare asincrone trifazate – tot mai utilizate în ultimul timp.

Dacă la începutul anilor ’80 *acţionarea hidraulică* a roboţilor avea cea mai largă răspândire, în ultimul timp se foloseşte acest tip de acţionare la roboţii care manipulează sarcini mari sau care lucrează în medii cu pericol de explozie ridicată.

Principalele avantaje ale acţionării hidraulice sunt:

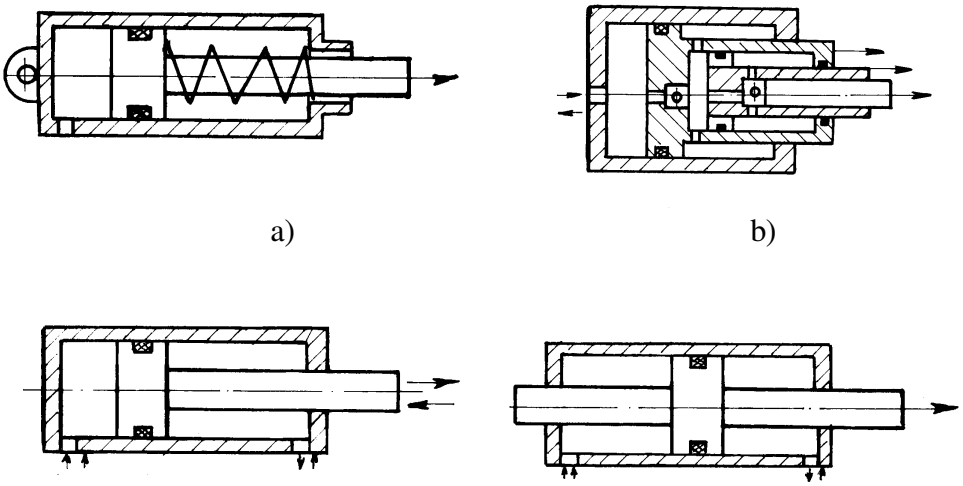
- puteri de acţionare mari la greutăţi reduse ale componentelor;
- de obicei nu necesită mecanisme suplimentare pentru transmiterea şi transformarea mişcării;
- poate fi utilizată în medii explozive;
- robusteţe.

Dezavantajele principale ale acţionării hidraulice constau în:

- necesită unităţi de producere a energiei hidraulice;
- necesită echipamente de comandă de construcţie complicată (servoventile, servosupape, amplificatoare electrohidraulice, etc.);
- prezintă scurgeri de fluid prin etanşările imperfecte.

Motoarele hidraulice cele mai folosite sunt cele liniare care pot fi:

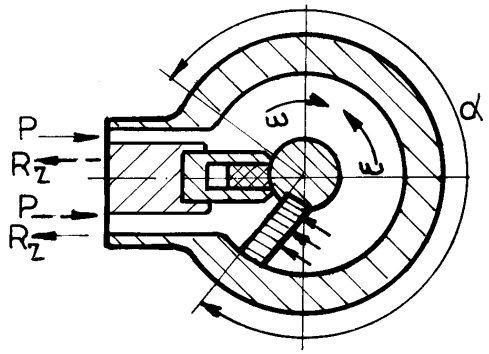
- motoare hidraulice liniare cu simplă acţiune: cu piston (fig.5.1.a), cu plunjer (fig.5.1.b);
- motoare hidraulice liniare cu dublă acţiune: cu tijă unilaterală (fig.5.2.c) sau cu tijă bilaterală (fig.5.2.d).



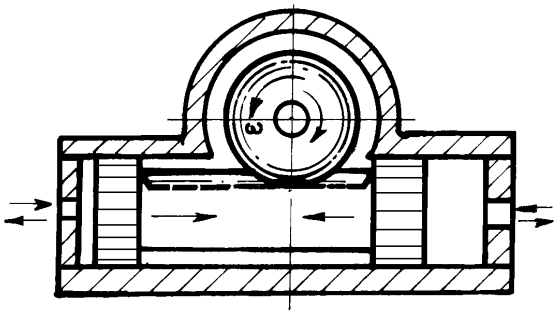
a) b)

c) d)

Fig.5.1. Tipuri de motoare hidraulice liniare



e)



f)

Fig5.2. Tipuri de motoare hidraulice oscilante

Motoarele hidraulice rotative din punct de vedere constructiv sunt:

- motoare oscilante cu paletă fig.6.78.e;
- motoare oscilante cu plunjer fig.6.78.f;
- cu roţi dinţate;
- cu palete;
- cu pistonaşe radiale;
- cu pistonaşe axiale.
-

Acţionarea pneumatică a roboţilor industriali utilizează ca purtător de energie aerul comprimat. Din totalul acţionărilor folosite la roboţi acţionarea pneumatică reprezintă aproximativ 4%.

Ca avantaje ale acţionării pneumatice se menţionează:

- simplitate;
- viteze mari de acţionare;
- existenţa reţelei de aer comprimat în întreprinderi.

Dintre dezavantaje se pot aminti:

- aerul fiind compresibil rezultă imposibilitatea opririi în poziţii intermediare precise a pistonului fără dispozitive speciale;
- dezvoltă forţe mai mici decât în cazul acţionării hidraulice.

Ca *acţionare mixtă* se aminteşte acţionarea electrohidraulică, care se compune dintr-un motor electric pas cu pas MPP, un motor hidraulic rotativ MHR. Cupla cinematică conducătoare e acţionată de motor hidraulic rotativ - figura 5.3.

Fig.5.3. Schema bloc a unei acţionări electrohidraulice

Amplificatorul hidraulic de cursă înlătură dezavantajul cuplului mic dezvoltat de motorul pas cu pas la frecvenţe mari ale impulsurilor de alimentare.

5.2. Transmisii mecanice utilizate în acţionarea roboţilor

Motoarele sistemului de acţionare pot acţiona direct sau indirect cuplele cinematice conducătoare ale robotului.

Acţionarea directă – "direct drive" – constă în faptul că elementul de ieşire al motorului acţionează în mod direct elementele cuplei cinematice conducătoare.

Acţionarea indirectă necesită ca între motor şi elementele cuplei cinematice conducătoare să se interpună transmisii mecanice.

Transmisiile mecanice asigură adaptarea caracteristicii mecanice a maşinii motoare la cerinţele impuse de cupla cinematică conducătoare. Acest rol funcţional se realizează prin transfer de energie şi printr-o transformare cinematică a caracteristicii mecanice rezistente. Transformarea cinematică are în vedere două aspecte:

- transformarea cantitativă, adică o schimbare a parametrilor mişcării (viteze acceleraţii);
- transformarea calitativă, adică o schimbare a naturii mişcării (transformarea rotaţiei în translaţie sau invers).

Acţionarea indirectă se reprezintă în figura 5.3. Indiferent de transmisia mecanică utilizată, este necesar ca $\varphi_2 = k \cdot \varphi_1$, unde k să fie riguros constant.

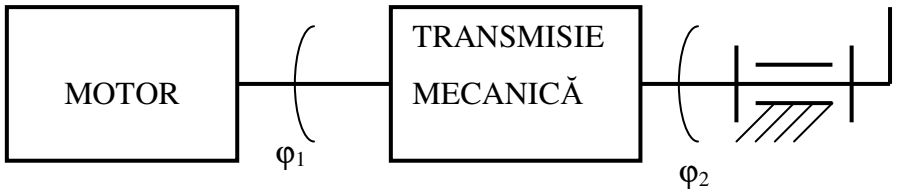


Fig.5.3. Schema unei acţionări indirecte

Transmisiile mecanice pot fi:

- cu elemente dinţate (reductoare), la a căror utilizare se va avea în vedere utilizarea unor dispozitive de scoatere a jocului de flanc dintre dinţi;
- cu şurub - piuliţă;
- cu lanţ – dezavantajul fiind apariţia efectului poligonal;
- prin curele;

- prin fricţiune;
- cu mecanisme cu bare;
- cu cabluri pretensionate, etc.

Motoarele sistemului de acţionare pot fi dispuse periferic – amplasare distribuită – sau "umeral".

Amplasarea distribuită (periferică) prezintă avantajul simplificării transmisiei mecanice, dar prezintă dezavantajul încărcării extremităţilor de ghidare cu forţe masice suplimentare.

Amplasarea "umerală" realizează dispunerea motoarelor de acţionare în elementul fix al dispozitivului de ghidare. Această variantă prezintă avantajul descărcării dispozitivului de ghidare de forţe masice, dar are dezavantajul unor transmisii mecanice de o construcţie complicată.

Întrebări de autoevaluare

1. Ce se înţelege prin acţionare ?
2. Ce se înţelege prin „axă cinematică„ ?
3. Enunţaţi câteva din dezavantajele acţionării hidraulice.
4. Enunţaţi câteva din dezavantajele acţionării pneumatice.
5. Enunţaţi câteva din avantajele acţionării electrice.
6. Enunţaţi câteva din avantajele acţionării hidraulice.

Teste grilă

1 Transmisiile mecanice pot fi:

a) cu elemente dinţate (reductoare), la a căror utilizare se va avea în vedere utilizarea unor dispozitive de scoatere a jocului de flanc dintre dinţi;

b) cu şurub - piuliţă;

c) cu lanţ – dezavantajul fiind apariţia efectului poligonal;

d) prin curele;

e) prin fricţiune;

f) cu mecanisme cu bare;

g) cu cabluri pretensionate, etc.

2. Cea mai răspândită acţionare este:

a) Electrica

b) Pneumatica

c) Hidraulica.

Soluţii: 1. a,b,c,d,e,f,g 2 a.

Rezumat

Prin acţionare se înţelege un ansamblu de funcţii tehnice prin care se realizează transformarea energiei nemecanice într-una mecanică, în vederea punerii în mişcare relativă a unor elemente. Sursele de energie nemecanică necesare unui sistem de acţionare pot fi: electrică; termică, hidraulică, diverse.

Transformarea energiei nemecanice în energie mecanică se realizează prin intermediul unor echipamente specifice (motoare electrice, electromagneţi, turbine, pompe, compresoare de aer, motoare hidraulice, motoare pneumatice) şi se transmite direct la elementele de execuţie, sau indirect, prin intermediul unor transmisii mecanice.

În construcţia roboţilor şi manipulatoarelor se întâlnesc următoarele tipuri de acţionări:

- acţionare electrică;
- acţionare hidraulică;
- acţionare pneumatică;
- acţionare mixtă (electro-hidraulică; electro-pneumatică; pneumo-hidraulică).

Bibliografie

17. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
18. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
19. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
20. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 6. SISTEMUL DE COMANDĂ AL ROBOTULUI

Timpul mediu necesar pentru studiu: 130 minute.

Obiective educaţionale:

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Principalele tipuri de senzori utilizaţi la construcţia roboţior industriali.
- Modul de comanda al roboţilor industriali.

***Cuvinte cheie*:**

Sistem de comanda, senzori, traductoare, conducerea roboţilor, inteligenţă artificială.

Cuprinsul Modului:

6.1 Traductoare şi senzori utilizaţi în construcţia roboţilor.

6.2.Comanda manuală, automată şi mixtă a roboţilor

6.3.Structura şi funcţiile sistemului de conducere automată a roboţilor

6.4. Inteligenţă artificială utilizată în comanda roboţilor

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

Privit prin prisma antropomorfismului structural rolul sistemului de comandă din cadrul hipersistemului "robot" este echivalent cu rolul sistemului nervos. Astfel, dacă sistemul nervos asigură o legătură funcţională reciprocă între organele aparatele şi sistemele organismului şi realizează integrarea organismului cu mediul înconjurător prin recepţionarea excitaţiilor externe sau interne, a transmiterii şi analizării lor şi a elaborării răspunsurilor motorii şi secretorii, sistemul de comanda al robotului realizează în mare aceleaşi funcţii, dar la un nivel de complexitate mult mai redus.

Prelevarea şi transmiterea informaţiilor de la celelalte sisteme interne robotului precum şi de la mediul exterior se realizează prin intermediul traductoarelor şi senzorilor. Rolul lor este echivalent cu cel al organelor de simţ, care recepţionează excitaţiile mediului extern sau intern şi conduc excitaţiile la scoarţa cerebrală.

6.1 Traductoare şi senzori utilizaţi în construcţia roboţilor

Pentru a putea să-şi realizeze funcţiile, sistemul de comandă are nevoie de informaţii despre starea internă şi externă a sistemului robot, informaţii care sunt oferite de către senzori si traductoare.

Din punct de vedere al rolului funcţional, putem spune că, traductoarele culeg şi transmit informaţii despre mărimi cinematice (deplasări, viteze, acceleraţii), iar senzorii informaţii despre mărimi necinematice, efecte stohastice ale mediului, recunoaşterea unor forme şi situări ale obiectelor.

Din punct de vedere al locului de prelevare a informaţiei, în general, traductoarele culeg informaţii din interiorul sistemului robot, în timp ce senzorii prelevează informaţiile din mediul înconjurător.

Folosirea roboţilor inteligenţi, dotaţi cu sisteme de percepţie senzorială - atât în industrie cât şi în sectoarele prestărilor de servicii - reprezintă, în unele cazuri, un fapt cotidian, iar în multe alte domenii o necesitate.

Traductoarele şi senzorii destinaţi roboţilor trebuie să asigure:

- semnal primar corespunzător;

- prelucrarea primară a informaţiei;

- decuplarea influenţelor parazite;

- fiabilitate;

- rezistenţă la acţiunile nefavorabile ale mediului înconjurător (praf, agenţi corozivi, şocuri, suprasarcini, etc.);

- posibilitatea ataşării facile pe robot sau în sistemul servit de robot.

Traductoare

O clasificare a traductoarelor este prezentată în tabelul 6.1.

Tabelul .6.1.

Parametrul cinematic măsurat	Forma semnalului de ieşire	Natura relativă sau absolută a mărimii măsurate	Denumire	Natura ccc în care se plasează traductorul	Sistemul de măsurare
1	2	3		4	5
Deplasare, poziţie	numerice	incrementale (de deplasare)		- rotaţie - translaţie	electric, optic
		absolute (de poziţie)		- rotaţie - translaţie	electric, optic
	analogice	ciclic absolute (de deplasare)	rezolver	- rotaţie	inductive
			inductosyn	- translaţie	inductive
		analog absolut (de poziţie)	cascada de rezolvere	- rotaţie	inductive
			inductosyn multiplu	- translaţie	inductive
			potenţiometru	- rotaţie - translaţie	rezistiv
			condensator	- rotaţie - translaţie	capacitiv
	analogice	-	Tahogenerator	- rotaţie	de c.c., de c.a.:sincro

Viteză					ne, asincrone
	numerice	-		- rotaţie	fotoelectrice inductive magnetice
Acceleraţie					

Traductoarele se utilizează pentru măsurarea deplasărilor, poziţiilor, vitezelor şi acceleraţiilor realizate de către cuplele cinematice conducătoare ale robotului. Aceste informaţii culese sub forma unui semnal sau a unor succesiuni de semnale sunt transmise spre prelucrare sistemului de comandă.

Dacă traductoarele de deplasare emit la ieşire semnale proporţionale cu mărimea relativă a deplasării, ca diferenţă a coordonatelor finale şi iniţiale a elementului mobil, traductoarele de poziţie oferă semnale proporţionale cu mărimea absolută a deplasării, ca valoare a coordonatelor poziţiei finale a elementului mobil, luată faţa de originea coordonatelor.

Senzori

Roboţii industriali, proiectaţi şi realizaţi de om pentru a-l înlocui în operaţii de manipulare trebuie să fie capabili să identifice, în anumite condiţii şi limite, parametrii ai mediului ambiant şi să reacţioneze la modificări ale acestora. Pe măsură ce gradul de nedeterminare a parametrilor proceselor de manipulare creşte, se impune înzestrarea roboţilor şi dotarea maşinilor automate cu elemente senzitive şi de prelucrare a semnalelor, cu funcţii similare unor organe de simţ umane, denumite senzori sau sisteme senzoriale.

În tabelul 6.2.se prezintă o paralelă între senzorii ataşaţi roboţilor şi analizatorii organismului uman.

Tabel 6.2.

Nr.crt.	Tipul de senzor utilizat	Analizatorul corespunzător

1	- de existenţă – întrerupător	-
2	- tactili/tactili de alunecare	- analizator cutanat
3	- piele artificială	- analizator cutanat
4	- proximitate: - ultrasonici; - pneumatici;	- analizatorul acustic(la delfini, lilieci)
5	- video	- analizator vizual
6	- de radiaţii	
7	- de substanţe chimice	- analizatorii: gustativ, olfactiv, vizual
8	- de fum	
9	- de temperatură	- analizator cutanat
10	- de presiune	- analizator cutanat
11	- forţă - moment	- analizator kinestezic

6.2.Comanda manuală, automată şi mixtă a roboţilor

Comanda roboţilor poate fi:

- *manuală*;
- *automată*;
- *mixtă*.

Comanda manuală a membrilor "familiei robot" se realizează *fie prin întrerupătoare/butoane* când se porneşte/opreşte succesiv/simultan motoarele care acţionează mişcările relative ale elementelor cuplelor cinematice conducătoare, respectiv *manete* (joy-stick)– cu 1-3 grade de libertate, fie prin *copiere* când operatorul uman "generează" mişcarea, iar "robotul" o execută.

Instalaţiile de teleoperare sunt comandate manual, prin întrerupătoare/butoane şi manete. Manipulatoarele sincrone comandate prin copiere. Ele conţin instalaţii “master-slave” (stăpân-sclav) fiind constituite din două lanţuri cinematice identice din punct de vedere structural, dimensiunile elementelor omoloage fiind proporţionale.

Operatorul uman conferă manual mişcări relative elementelor cuplelor cinematice ale lanţului “motor”. Aceste mişcări sunt transmise elementelor cuplelor cinematice analoage ale lanţului “slave” prin intermediul unor transmisii mecanice, prin instalaţii cu selsynuri motoare şi generatoare legate prin circuite electrice sau prin motoare hidraulice legate între ele printr-o reţea hidraulică. Ca urmare, lanţul “slave” copiază mişcarea lanţului “master” în timp real (de unde vine şi denumirea de manipulator sincron).

“Feedback” senzorial adecvat ajută operatorul uman în adaptarea comenzilor sale la

condiţiile de mediu în care evoluează instalaţiile de teleoperare, respectiv lanţul "slave".

Atât instalaţiile de teleoperare cât şi manipulatoarele sincrone permit îndepărtarea operatorului uman de mediul dăunător în care evoluează.

Comanda automată a roboţilor se realizează de către sisteme de comandă automată, constituite din unul sau mai multe calculatoare şi echipamente periferice.

Comanda mixtă a roboţilor se realizează prin cooperarea operatorului uman cu un sistem de comandă automat. Comanda mixtă poate fi *sinergică*, în care caz operatorul uman comandă unele axe ale robotului – spre ex. MGT – iar sistemul automat altele (spre e. MO), *succesivă*, caz în care operatorul uman şi sistemul automat intervin succesiv în timp sau de *supervizare*, când operatorul uman intervine pentru corectarea unor eventuale erori comandate de sistemul automat.

6.3.Structura şi funcţiile sistemului de conducere automată a roboţilor

Sistemul de comandă automat realizează ceea ce se numeşte *funcţia de comandă*, care prescrie începutul şi sfârşitul diferitelor activităţi ale robotului şi a parametrilor ce caracterizează aceste activităţi, fără intervenţia operatorului uman.

În figura 6.1 este prezentată structura sistemului de comandă a unui robot.

Funcţia de comandă se realizează printr-un set de informaţii care se transmit de la centru spre instalaţiile de lucru propriu-zise.

Setul de informaţii este codificat printr-un program, care este întocmit de către unul sau mai mulţi operatori umani şi conţine:

- date, informaţii privind diferiţi parametrii ai procesului şi mişcărilor comandate în funcţie de timp;
- porniri, opriri;
- conexiuni logice de tip "IF";
- salturi peste anumite părţi de program;
- instrucţiuni de interogare a unor traductoare, senzori;
- date referitoare la mediu, proces.

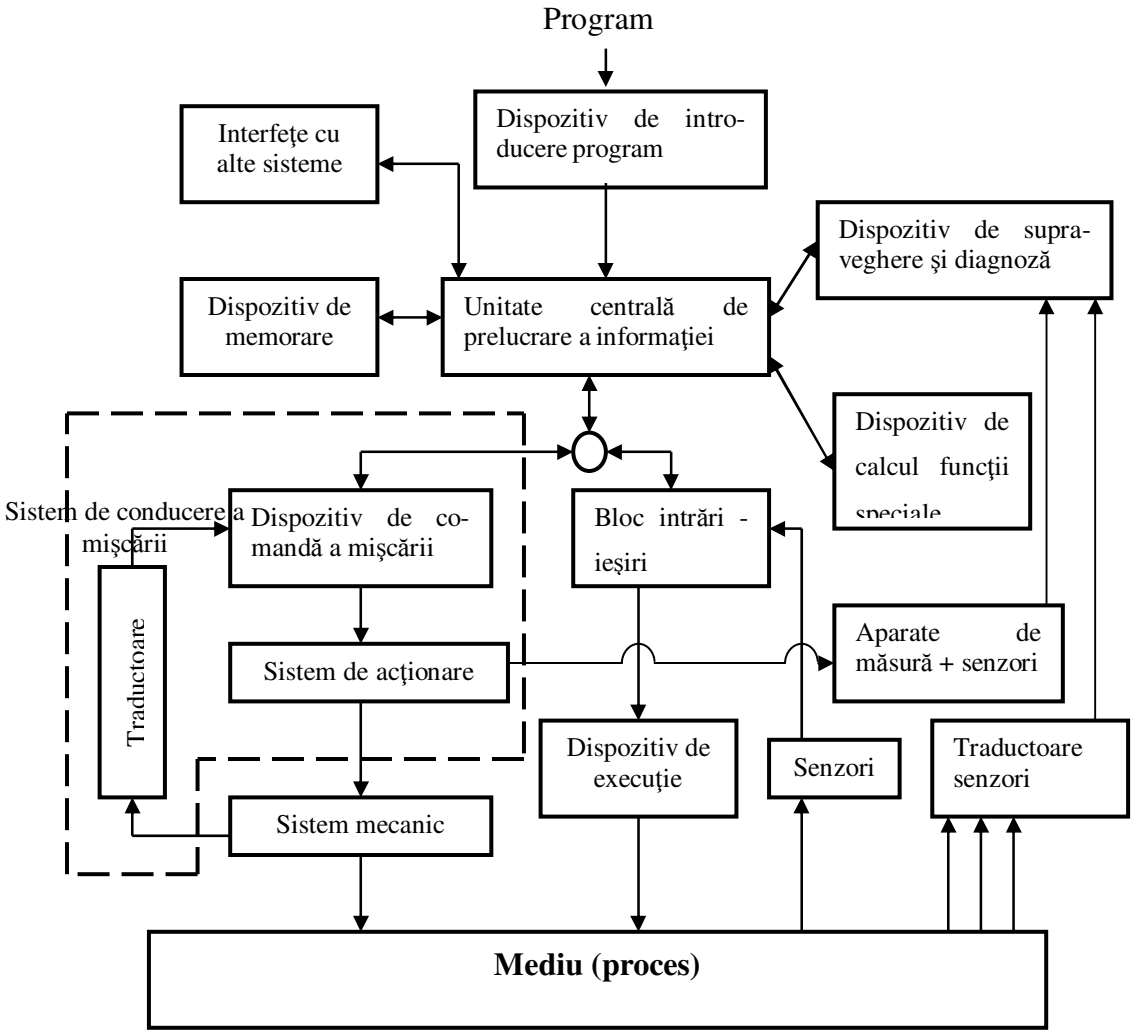


Fig.6.1. Structura sistemului de comandă a robotului

Introducerea programului în sistemul de comandă a robotului se numeşte programare.

Programarea poate fi realizată:

- "on – line" atunci când programarea se realizează în prezenţa robotului, procesul tehnologic servit de acesta nefiind în derulare;
- "off – line", atunci când programarea se realizează în afara procesului, implementarea făcându-se la momentul oportun; avantajul programării "off - line" este faptul că sistemul poate funcţiona fabricând produsul anterior, fără pierdere de timp ca în cazul programării "on – line".

Programul se înregistrează pe un purtător de informaţie care se introduce în sistemul de comandă prin intermediul unui dispozitiv de introducere a programului care poate fi:

- manual, prin butoane, întrerupătoare, joystick-uri, matrice de "jack"-uri, tastaturi cu monitoare, etc;
- - prin instruire (învăţare, “teach in”).

Programarea manuală este “off line”, pe când programarea prin instruire, “on - line”. Programarea prin instruire se realizează în regim de conducere directă sau de teleoperare.

În cazul programării prin instruire, prin conducere directă operatorul uman impune efectorului final mişcările necesare în conformitate cu procesul servit, sistemul de acţionare al robotului fiind decuplat. Elementelor cuplelor cinematice conducătoare ale dispozitivului de ghidare li se conferă astfel mişcări relative care sunt memorate sub forma variaţiilor în timp ale traductoarelor de poziţie.

Comanda automată în regim operaţional impune reproducerea mişcărilor memorate. În locul dispozitivului de ghidare se foloseşte în unele cazuri pentru programare prin conducere directă un lanţ cinematic de programare.

Programarea prin instruire în regim de instalaţie de teleoperare se realizează de către operatorul uman comandând mişcările relative ale elementelor cuplelor cinematice conducătoare în conformitate cu cerinţele procesului servit, folosindu-se de un panou de programare (“teach-pendant”).

Programarea “off line” poate fi *programare explicită* atunci când fiecare treaptă de program se defineşte prin date minuţios stabilite. Programarea explicită fiind dezavantajoasă, datorită mărimii programului, astăzi tot mai des se folosesc limbajele de programare special concepute în acest sens, adică aşa numita *programare implicită.*

Limbajele de programare sunt “mijloace” de comunicare, dialogare de bază între operatorul uman şi maşina inteligentă.

Prin *dialog* se înţelege posibilitatea operatorului uman de a se transmite comenzi către sistemul de comandă în vederea efectuării de către robot a unei operaţii (mişcări), şi de a se recepţiona de la acesta mesaje privind comanda transmisă.

Limbajele de programare existente pot fi grupate pe patru niveluri după gradul lor de complexitate:

- limbaje de control al cuplelor cinematice conducătoare – de nivel 1,
- limbaje de mişcări elementare ale efectorului final - de nivel 2,

- limbaje de programare structurată - de nivel 3;
- limbaje de programare orientate pe scop ("task") - de nivel 4.

După modul de lucrul al robotului programele pot fi clasificate în: programe secvenţiale, punct cu punct (PTP), multipunct (MP) şi cele care asigură ghidarea punctului caracteristic pe o traiectorie continuă (CP).

Programele secvenţiale permit realizarea mişcărilor relative ale elementele cuplelor cinematice conducătoare în mod succesiv, la un moment dat existând mişcare doar într-o singură cuplă cinematică.

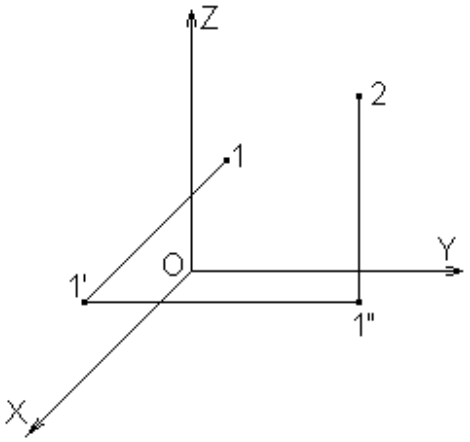


Fig.6.2. Mişcarea punctului caracteristic în cazul programului secvenţial

De exemplu cazul unui robot TTT la care deplasarea punctului caracteristic între punctele 1 şi 2 (fig.6.2.) se realizează succesiv: translaţie paralelă cu axa OX până în punctul 1', translaţie paralelă cu OY până în punctul 1" şi ultima translaţie paralelă cu OZ până în punctul 2. Direcţiile axelor robotului sunt paralele cu cele ale sistemului de referinţă.

Mişcarea secvenţială prezintă avantajul unei conduceri simplificate (la un moment dat este controlată numeric doar o singură axă). Dezavantajul constă în faptul că deplasarea până la punctul ţintă durează foarte mult. De regulă acest tip program se utilizează la roboţi simplii şi la manipulatoare, iar punctele ţintă în acest caz punctul 2 sunt programate prin instruire.

Programele de tip punct cu punct (PTP - point to point) sunt utilizate atunci când nu este necesară din punctul de vedere al procesului servit impunerea unei anumite traiectorii între poziţia curentă şi cea următoare (via sau ţintă) dar se doresc mişcări simultane pe toate axele, singura condiţie impusă fiind ca traiectoria realizată să nu fie una după care se produce coliziune. Se impune doar trecerea obligatorie a punctului caracteristic (de exemplu) prin poziţiile 1 şi 2 din fig.6.3, în acest scop mişcările pe fiecare axă încep deodată şi se termină deodată.

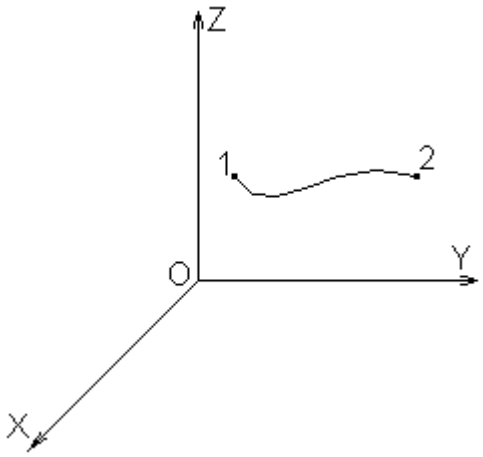


Fig.6.3. Programare de tip punct cu punct (PTP)

În cazul *programelor multipunct* (MP) se impune trecerea punctului caracteristic din punctul curent 1 (fig.6.84.) în punctul 2 printr-un anumit număr de puncte de precizie (de la 11 la 15). Astfel se asigură o deviaţie minimă a traiectoriei reale faţă de cea ideală. Această deviaţie este cu atât mai mică cu cât se impune trecerea punctului caracteristic prin mai multe puncte de precizie.

Un caz de aplicare al acestui tip de program este comanda robotului care realizează vopsire.

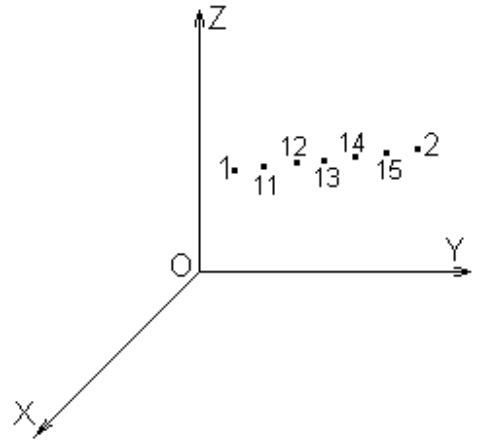


Fig.6.4. Programare de tip multipunct (MP)

Programele de traiectorie continuă (CP) se utilizează la acele operaţii tehnologice în care punctul caracteristic trebuie să urmeze o traiectorie solicitată în spaţiul cartezian, de exemplu depunerea unui cordon de sudură într-un rost, debavurarea etc. De regulă se procedează la aproximarea traiectoriei impuse pe porţiuni cu segmente de curbe simple: drepte, arce de cerc,

arce de parabolă, fracţiuni de sinusoidă (interpolare).

Programul de suprafaţă este acel program punct cu punct, în care se prevede ocuparea pe rând de către punctul caracteristic a unor poziţii distribuite uniform pe o suprafaţă (de obicei plană). În cazul în care se prevede ocuparea pe rând de către punctul caracteristic a unor poziţii distribuite uniform în interiorul unui volum (de obicei paralelipipedic), programul se numeşte *program de volum*.

Unitatea centrală de prelucrare a informaţiei este componenta ce coordonează sistemul de comandă a robotului. Funcţiile sale sunt:

- generarea şi coordonarea funcţiilor de conducere;
- evaluarea stării procesului şi a mediului;
- stabilirea legăturilor logice în conformitate cu programul de realizat;
- stabilirea condiţionărilor – interblocărilor;
- analiza informaţiilor emise de senzori;
- apelarea/trimiterea dinspre/spre stocare a unor date;
- emiterea de comenzi spre sistemul de conducere.

Comanda automată a robotului presupune *planificarea şi generarea* traiectoriei şi *controlul* mişcărilor, în mod automat, de către sistemul de conducere al robotului.

Scopul *planificării traiectoriei* este acela de a stabili punctele ţintă impuse de procesul servit şi de a impune ca mişcările între aceste puncte (situări) să fie lipsite de coliziuni. Aceste deziderate se realizează utilizând *interblocările* în acest sens.

Prin *interblocări* se înţeleg condiţionările logice a începerii respectiv sfârşitului mişcării unor componente (subsisteme) ale SFF, de începutul/sfârşitul mişcării altei componente sau realizării/nerealizării unei anumite stări exterioare.

Funcţia de conducere este expresia matematică a dependenţei dintre un parametru generalizat al mişcării relative a elementelor unei cuple cinematice şi timp $\left[q = q(t),\ \dot{q} = \dot{q}(t) \right]$. Ea se mai numeşte şi traiectorie în spaţiul cuplei cinematice.

Generarea traiectoriei este realizată de către un bloc (un software sau un calculator dedicat) din cadrul unităţii centrale de prelucrare a informaţiei a robotului, numit *generator de traiectorie* Acesta calculează, pe baza unor algoritmi prestabiliţi, valorile numerice discrete ale funcţiilor de conducere, la intervale de timp constante, ce poartă numele de perioade de generare.

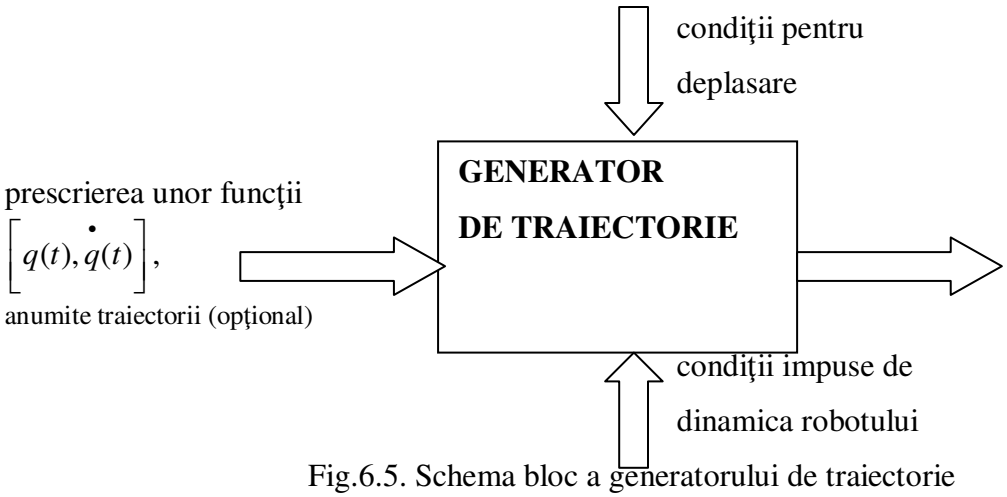


Fig.6.5. Schema bloc a generatorului de traiectorie

După cum se observă din schema blocului generator din figura 6.5 acesta are ca mărimi de intrare condiţii pentru deplasare, condiţii impuse de dinamica robotului şi opţional prescrierea unei anumite traiectorii, iar ca ieşire coordonate şi viteze fie în coordonate carteziene în raport cu un sistem de referinţă aferent elementului fix al robotului, fie în coordonatele cuplelor cinematice conducătoare (poziţia relativă a elementelor lor).

Valorile numerice ale poziţiilor şi vitezelor calculate de către generatorul de traiectorie, reprezintă mărimile de intrare pentru sistemul de conducere.

Dispozitivele de memorare au ca funcţie memorarea unor date şi redarea lor la momentul dorit. Dispozitivele de memorare pot fi mecanice, fluidice, electronice sau magnetice.

Entitatea dispozitiv de comandă + sistem de acţionare + bucla de închidere ce include traductoarele formează *sistemul de conducere* propriu-zis. El mai poartă numele de regulator de ax.

Dispozitivul de comandă are ca şi funcţie compararea informaţiilor primite de la traductoare pe "bucla de închidere" cu informaţii de referinţă obţinute de la unitatea centrală de prelucrare a informaţiei şi transmiterea de informaţii către sistemul de acţionare în vederea anulării erorilor constatate.

Dispozitivul de conducere poate fi fie o servovalvă în cazul unui hidromotor, fie un variator de viteză în cazul acţionării cu un electromotor;

Arhitectura generală a sistemului de conducere automată al unui robot industrial cu n grade de mobilitate se prezintă în fig.6.6.

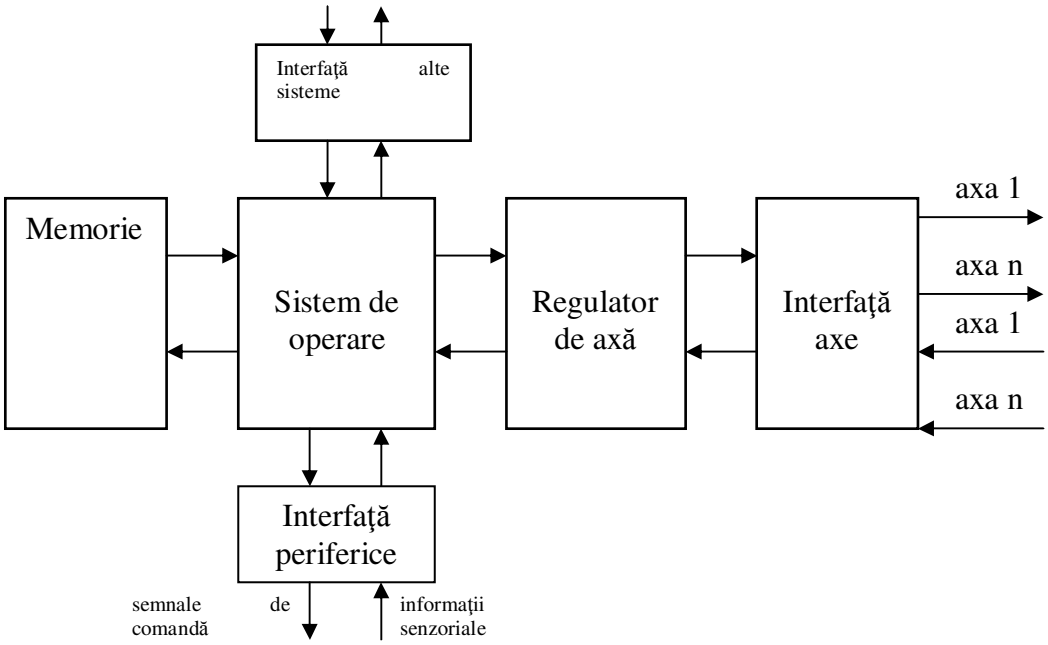
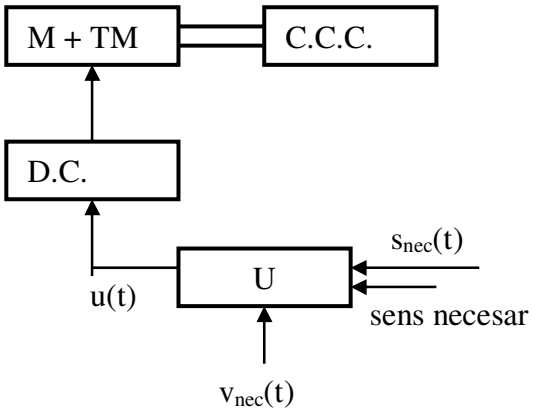


Fig.6.6. Arhitectura generală a sistemului de conducere automată al unui robot industrial cu n grade de mobilitate

Sistemul de conducere poate lucra fie:

- în buclă deschisă, atunci când sistemul de comandă emite o comandă către sistemul de acţionare, acesta punând în acţiune elementele sistemului mecanic, mişcarea efectuată nemaifiind controlată; schema de principiu a unei conduceri de acest tip este



M – motor;
TM – transmisie mecanică;
C.C.C. –cuplă cinematică conducătoare;
DC – dispozitiv de comandă
$s_{nec}(t)$ – deplasare generalizată necesară în funcţie de timp;
$v_{nec}(t)$ – viteză generalizată necesară în funcţie de timp;
u(t) – funcţia de comandă;
U dispozitiv generator de funcţie de comandă

prezentată în figura 6.7.

Fig.6.7. Schema de principiu a unei conduceri în buclă deschisă

- în buclă închisă ("feedback"); schema de principiu a unei conduceri de acest tip este prezentată în figura 6.8.

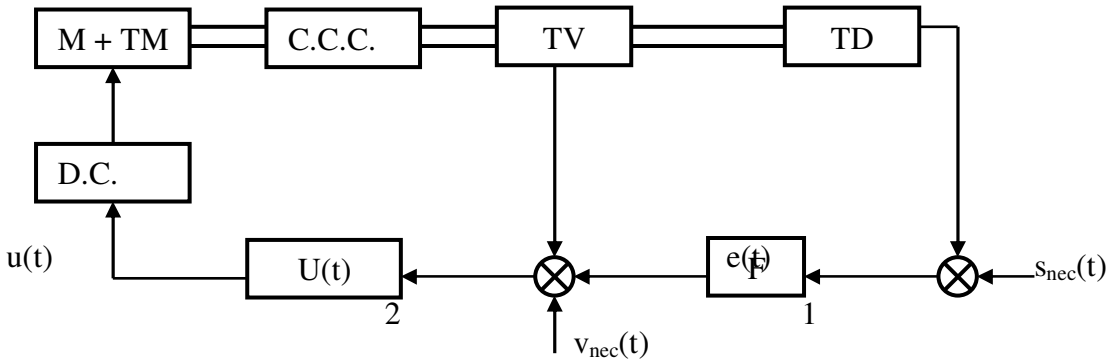


Fig.6.8. Schema de principiu a unei conduceri în buclă închisă
e(t) - eroarea de deplasare (în funcţie de timp)

Se observă că în plus faţă de schema bloc a sistemului de conducere cu buclă închisă apar blocurile corespunzătoare TV – traductorului de viteză (care poate fi un tahogenerator), TD – traductorului de deplasare, cu rol de determinare a deplasării reale relative a elementelor cuplei cinematice conducătoare CCC şi blocul F corespunzător operaţie de derivare ce converteşte eroarea de deplasare în componenta erorii de viteză corespunzătoare erorii de deplasare.

Compararea semnalelor traductoarelor de deplasare şi de viteză cu cele comenzile generate proporţionale cu deplasările şi vitezele necesare se realizează de blocurile 1 şi 2.

Observaţie. În cele două figuri săgeţile indică flux de informaţie (semnal), în timp ce linia dublă indică transmitere de mişcare.

Dispozitivele de supraveghere şi diagnoză primesc informaţia despre starea sistemului exterior şi a sistemului mecanic prin intermediul senzorilor şi traductoarelor şi emit semnale, preluate de unitatea centrală.

6.4. Inteligenţă artificială utilizată în comanda roboţilor

Definiţie. Prin *inteligenţă* se înţelege capacitatea sistemelor de a se adapta la condiţiile variabile – aleatoare – ale mediului.

Cu cât adaptarea este mai rapidă şi mai deplină, cu atât gradul de inteligenţă a sistemului este mai ridicat. Această definiţie este adevărată şi la sistemele naturale şi la sistemele artificiale.

Pornindu-se de la definiţia de mai sus, prin elemente de inteligenţă artificială utilizate în

conducerea roboţilor se înţelege capacităţile sistemului de conducere a robotului de a se adapta în mod automat la condiţiile de mediu în care evoluează.

Elementele de inteligenţă artificială utilizate în sistemul de comandă pot fi categorisite astfel:

- *capacitatea de autoinstruire;* roboţii avansaţi folosesc sisteme de autoinstruire ce utilizează *reţele neuronale, logica fuzzy*, etc.
- adaptarea automată a programului pe baza *informaţiilor senzoriale* (ca exemplu se poate da utilizarea senzorilor vizuali în recunoaşterea formelor şi situării obiectelor);
- *percepţia artificială tactilă/vizuală* conferă robotului capacitatea de a recunoaşte automat forma şi situarea obiectelor din mediu;
- utilizarea *bazelor de date* care constituie structuri de date şi relaţiile între acestea;
- utilizarea *sistemelor expert* care permit stabilirea unor comportamente pe baza unor date şi reguli memorate.
-

Întrebări de autoevaluare

1. De unde culeg informaţii traductoarele.
2. Traductoarele de deplasare emit la ieşire semnale proporţionale cu……..
3. Cum se realizează *Comanda manuală*
4. Cum se realizează *Comanda automată*
5. Care sunt cele două moduri de realizare a programării.

Teste grilă

1. Comanda roboţilor poate fi:

a) *manuală*;
b) *automată*;
c) *mixtă*.

2. Ce tip de programare este aceea care se utilizează la acele operaţii tehnologice în care punctul caracteristic trebuie să urmeze o traiectorie precis stabilită în spaţiul cartezian. De exemplu sudura după rost, debavurarea etc.

   a) secvenţială;
   b) traiectorie continuă (CP)
   c) multipunct (MP)

3. Ce tip de programare este aceea care se utilizează atunci când nu este necesară (din punctul de vedere al procesului tehnologic) impunerea unei anumite traiectorii între poziţia curentă şi cea următoare (via sau ţintă) dar se doreşte ca mişcări să aibă loc simultan pe toate axele, iar singura condiţie impusă este ca traiectoria să nu fie una de coliziune. Mişcările pe fiecare axă încep deodată şi se termină deodată:

   a) secvenţială;
   b) punct cu punct (PTP);
   c) traiectorie continuă (CP).

Soluţii: 1. a,b,c, 2. b 3. b

Rezumat

Prelevarea şi transmiterea informaţiilor de la celelalte sisteme interne robotului precum şi de la mediul exterior se realizează prin intermediul traductoarelor şi senzorilor. Rolul lor este echivalent cu cel al organelor de simţ, care recepţionează excitaţiile mediului extern sau intern şi conduc excitaţiile la scoarţa cerebrală. Pentru a putea să-şi realizeze funcţiile, sistemul de

comandă are nevoie de informaţii despre starea internă şi externă a sistemului robot, informaţii care sunt oferite de către senzori si traductoare.

Din punct de vedere al rolului funcţional, putem spune că, traductoarele culeg şi transmit informaţii despre mărimi cinematice (deplasări, viteze, acceleraţii), iar senzorii informaţii despre mărimi necinematice, efecte stohastice ale mediului, recunoaşterea unor forme şi situări ale obiectelor.

Sistemul de comandă automat realizează ceea ce se numeşte *funcţia de comandă*, care prescrie începutul şi sfârşitul diferitelor activităţi ale robotului şi a parametrilor ce caracterizează aceste activităţi, fără intervenţia operatorului uman. Comanda roboţilor poate fi manuală, automată; mixtă.

Bibliografie

21. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
22. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
23. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
24. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 7. ANALIZA STRUCTURII SISTEMELOR DE FABRICAŢIE

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Să realizaţi analiza structurii sistemelor de fabricaţie prin intermediul matricelor de cuplare.

***Cuvinte cheie*:**

Analiza sistemelor, matrice de cuplare.

Cuprinsul Modului:

7.1. Analiza unui sistem de fabricaţie în care robotul industrial manipulează obiectul de lucru

7.2. Analiza unui sistem de fabricaţie în care robotul industrial manipulează sculă

7.1. Analiza unui sistem de fabricaţie în care robotul industrial manipulează obiectul de lucru

Sistemele de fabricaţie robotizate se organizează în două modalităţi şi anume sisteme de fabricaţie în care robotul industrial manipulează obiectul de lucru, (exemplificat în figura 7.1) şi sisteme de fabricaţie în care robotul industrial manipulează o sculă sau un cap de forţă cu sculă (exemplificat în figura 7.4).

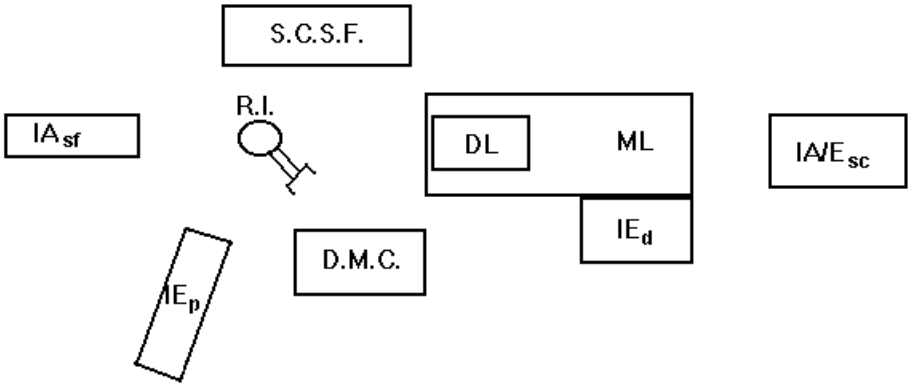


Fig.7.1. Planul de amplasament al unui SFF în care robotul industrial manipulează OL

Subsistemele componente ale sistemului de fabricaţie flexibilă din figura 7.1 sunt următoarele:

- S.C.S.F. sistemul de comandă al sistemului flexibil;
- R.I. robot industrial ce manipulează obiectul de lucru (OL);
- IA_{sf} instalaţie aducătoare semifabricat;
- D.L. dispozitiv de lucru;
- M.L. maşină de lucru;
- IE_d instalaţie de evacuare deşeu;
- D.M.C. dispozitiv de măsură şi control;
- IE_p instalaţie de evacuare piesă finită.

Fluxurile care străbat sistemul de fabricaţie sunt următoarele:

Informaţie:

S.C.S.F.↔ toate subsistemele, IA_{sf} ↔ R.I., R.I. ↔ M.L.

Mediu ↔ S.C.S.F. M.L. ↔ IA/E_{sc}, M.L. ↔ IE_d,

R.I. ↔ D.M.C. R.I. ↔ IE_p, D.M.C.→M.L.

Energie: Mediu → toate subsistemele

Materiale (materiale, materiale+informaţie):

- OL

Mediu → IA_{sf} → R.I. → M.L. ⟶ R.I. → D.M.C. →R.I. → IE_p →Mediu

↘ IE_d → Mediu.

scule(S): IA/E_{sc} ↔ M.L.

Schema bloc a sistemului de fabricaţie se prezintă în figura 7.2., de unde rezultă matricea de structură a sistemului:

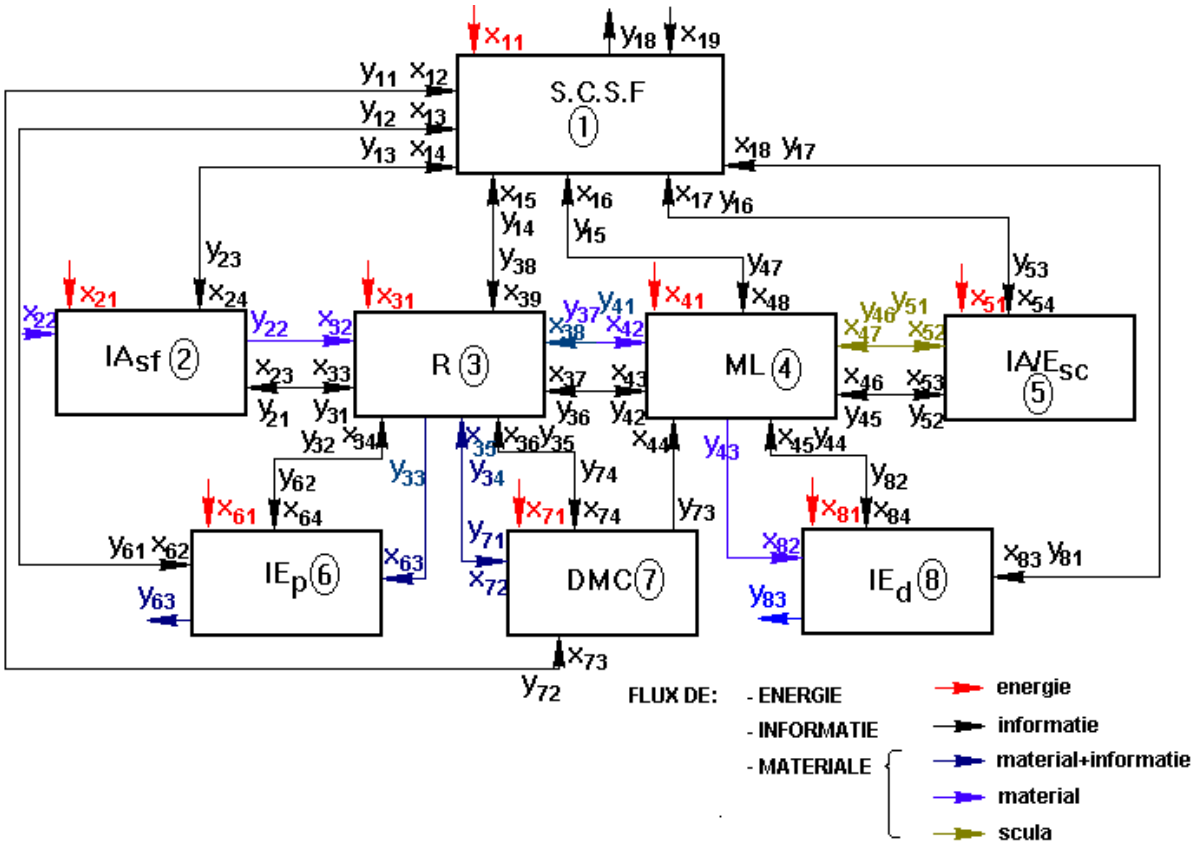


Fig. 7.2. Schema bloc a sistemului de fabricaţie în care robotul industrial manipulează OL

$$\underline{K}_{str} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & \underline{K}_{21} & \underline{K}_{31} & \underline{K}_{41} & \underline{K}_{51} & \underline{K}_{61} & \underline{K}_{71} & \underline{K}_{81} \\ \underline{K}_{12} & 0 & \underline{K}_{32} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{13} & \underline{K}_{23} & 0 & \underline{K}_{43} & 0 & \underline{K}_{63} & \underline{K}_{73} & 0 \\ \underline{K}_{14} & 0 & \underline{K}_{34} & 0 & \underline{K}_{54} & 0 & 0 & \underline{K}_{84} \\ \underline{K}_{15} & 0 & 0 & \underline{K}_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{16} & 0 & \underline{K}_{36} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{17} & 0 & \underline{K}_{37} & \underline{K}_{47} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{18} & 0 & 0 & \underline{K}_{48} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \tag{7.1}$$

Elementele diferite de zero ale matricei de structură conform fluxurilor evidenţiate în figura 7.2. sunt:

$$\underline{K}_{21} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \quad \underline{K}_{51} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \quad \underline{K}_{61} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{31} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{41} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{71} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} ; \underline{K}_{81} = \begin{array}{c} i \backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} ; \underline{K}_{23} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{12} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{15} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{13} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{14} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{16} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{17} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{18} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{32} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{34} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{43} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{36} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{37} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{45} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{48} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{54} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \underline{K}_{63} = \begin{array}{c} i \backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \underline{K}_{73} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{74} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \quad \underline{K}_{84} = \begin{array}{c} i \backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Construcţia matricelor de cuplare se realizează conform formulelor 2.2. - 2.7. şi se exemplifică doar construcţia matricei $\underline{K}_{84}$. Numărul de coloane ale matricei va fi egal cu numărul de output-uri din subsistemul opt (în cazul de faţă apar două coloane), iar numărul de linii ale matricei va fi egal cu numărul de input-uri din subsistemul patru (opt linii). După cum se observă din figura 7.2. există doar un singur flux (de informaţie) de la subsistemul opt la subsistemul patru, pentru care corespunde:

$$y_{82} = x_{45} \tag{7.2}$$

adică ieşirea cu numărul 2 din subsistemul opt corespunde intrării cu numărul 5 din subsistemul patru şi deci toate elementele matricei vor fi zero cu excepţia celui aflat pe linia cinci şi coloana doi.

7.2. Analiza unui sistem de fabricaţie în care robotul industrial manipulează sculă

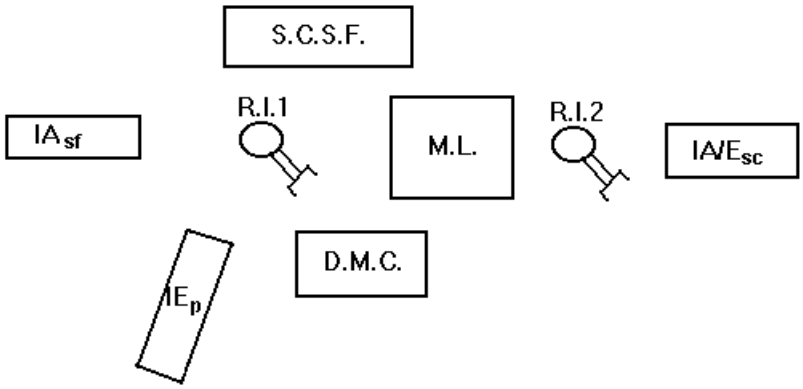


Fig.7.3.Plan de amplasament al unui SFF în care robotul manipulează sculă

Subsistemele componente ale sistemului de fabricaţie flexibilă sunt următoarele:

- S.C.S.F. sistemul de comandă al sistemului flexibil;
- R.I.1 robot industrial ce manipulează O.L.;
- IA_{sf} instalaţie aducătoare de semifabricate;
- R.I.2 robot industrial care manipulează scula;
- M.L. masa de lucru;
- D.M.C. dispozitiv de măsură şi control;

- IE_p instalaţie de evacuare piesă finită.

Fluxurile care străbat sistemul de fabricaţie sunt următoarele:

Informaţie:

S.C.S.F.↔ toate subsistemele, IA_{sf} ↔ R.I.1, R.I.1 ↔ M.L.,

Mediu ↔ S.C.S.F. R.I.2 ↔ IA/E_{sc}, M.L. ↔ R.I.2,

R.I.1 ↔ D.M.C. R.I.1 ↔ IE_p, D.M.C.→ R.I.2

Energie: Mediu → toate subsistemele

Materiale (materiale, materiale+informaţie):

- OL

Mediu → IA_{sf} → R.I.1 → M.L. → R.I.1 → D.M.C. → R.I.1 → IE_p → Mediu

Mediu →R.I.2

scule (S): IA/E_{sc} ↔ R.I.2

Schema bloc a sistemului de fabricaţie se prezintă în figura 7.4, iar matricea de structură a sistemului este:

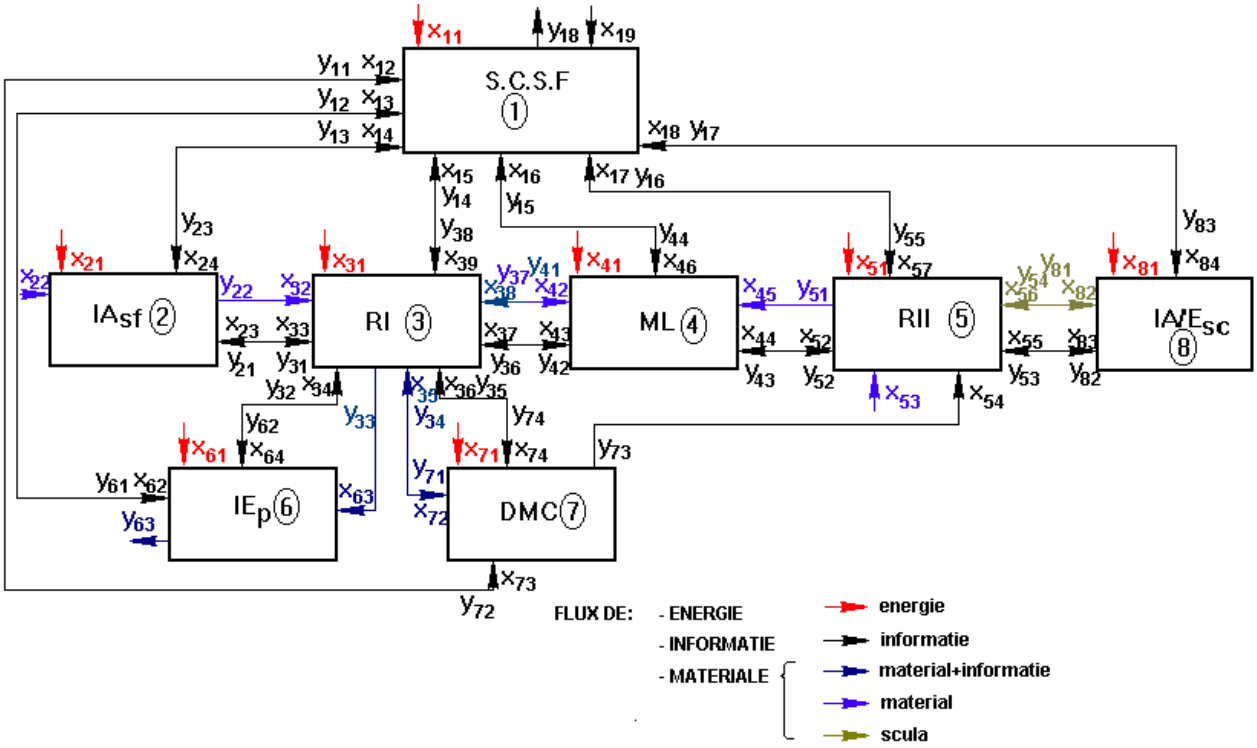


Fig. 7.4. Schema bloc a sistemului de fabricaţie în care robotul industrial manipulează sculă

$$\underline{K}_{str} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & \underline{K}_{21} & \underline{K}_{31} & \underline{K}_{41} & \underline{K}_{51} & \underline{K}_{61} & \underline{K}_{71} & \underline{K}_{81} \\ \underline{K}_{12} & 0 & \underline{K}_{32} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{13} & \underline{K}_{23} & 0 & \underline{K}_{43} & 0 & \underline{K}_{63} & \underline{K}_{73} & 0 \\ \underline{K}_{14} & 0 & \underline{K}_{34} & 0 & \underline{K}_{54} & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{15} & 0 & 0 & \underline{K}_{45} & 0 & 0 & \underline{K}_{75} & \underline{K}_{85} \\ \underline{K}_{16} & 0 & \underline{K}_{36} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{17} & 0 & \underline{K}_{37} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{K}_{18} & 0 & 0 & 0 & \underline{K}_{58} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \tag{9.3}$$

Elementele diferite de zero ale matricei de structură sunt matricele de cuplare, având expresiile:

$$\underline{K}_{21} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \quad \underline{K}_{51} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array};$$

$$\underline{K}_{31} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \quad \underline{K}_{41} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{71} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \underline{K}_{81} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \quad \underline{K}_{23} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{13} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \underline{K}_{61} = \begin{array}{c} i \backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{14} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{15} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{16} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{17} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{18} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{32} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{34} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{36} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{37} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \underline{K}_{54} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{43} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \quad \underline{K}_{45} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{58} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{\mathrm{K}}_{63} = \begin{array}{c} \mathrm{i} \backslash \mathrm{o} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \underline{K}_{73} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}; \underline{K}_{75} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\underline{K}_{85} = \begin{array}{c} i\backslash o \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Schema bloc, matricele de structură şi cele de cuplare, întocmite conform principiilor descrise în 2.2 servesc atât pentru *analiza* funcţionării unui anumit sistem de fabricaţie flexibilă existent, cât şi la sinteza sistemului de fabricaţie proiectat, permiţând stabilirea - pornind de la cerinţele funcţionale, a subsistemelor componente şi a legăturilor necesare între acestea. Sinteza structurală stă la baza concepţiei sistemului de comandă a SFF şi a programelor de comandă a acestuia.

Întrebări de autoevaluare

1. Care sunt principalele două tipuri in care sunt grupate sistemele de fabricaţie flexibile.
2. Care sunt fluxurile care străbat sistemul de fabricaţie în cazul sistemelor în care robotul industrial manipulează OL.
3. Care sunt fluxurile care străbat sistemul de fabricaţie în cazul sistemelor în care robotul manipulează o sculă.

Bibliografie

25. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.

26. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
27. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
28. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 8. PRINCIPIILE ŞI FAZELE SINTEZEI SISTEMELOR DE FABRICAŢIE FLEXIBILĂ

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Ce presupune sinteza sistemelor de fabricaţie flexibilă.
- Principalele etape ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă.

***Cuvinte cheie*:**

Sinteza sistemelor flexibile, tehnologie de grup.

Cuprinsul Modului:

8.1 Introducere

8.2 Procese tehnologice de grup

8.3. Analiza posibilităţilor de modernizare ale unui sistem de fabricaţie existent

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

8.1 Introducere

Dacă prin *analiza* unui sistem se înţelege studiul unui sistem existent cu scopul de a stabili proprietăţile lui, *sinteza* unui sistem reprezintă procesul invers al analizei; se porneşte de la premisa ca sistemul în cauză să prezinte anumite caracteristici/proprietăţi şi se determină structura sistemului, componentele sale şi legăturile necesare dintre componente.

Definiţie. *Sinteza SFF* este procesul de concepţie prin care, pornindu-se de la cerinţele (funcţia) pe care trebuie să le îndeplinească un sistem de fabricaţie flexibilă robotizat şi utilizând baze de date disponibile (cunoştinţe + experienţă umană în domeniu) se determină structura sistemului, precum şi legăturile ce se necesită a exista între componentele SFF-ului.

Observaţia1. Sinteza se face pornind de la sistemul de rang cel mai mare (superior) spre sistemul de rang inferior şi în a doua fază se porneşte de la sistemul de rang inferior spre cel de rang superior.

Observaţia2. Procesul de realizare a sintezei este un proces iterativ, deci ciclul complex – simplu – complex nu este parcurs doar o singură dată.

Sinteza este urmată de proiectare, în cadrul căreia pe baza documentaţiilor disponibile, a prevederilor legale şi a normativelor în vigoare se definesc toate datele necesare realizării şi punerii în funcţiune.

Toate aceste sume de operaţii (iterative de trecere succesivă de la sistemul complex spre cel simplu şi înapoi spre cel complex) se fac pe mai multe variante (calculele, modelările şi simulările ce intervin se tratează de regulă pe calculator). Fiecare cerinţă are din punct de vedere tehnic mai multe soluţii, care îndeplinesc funcţiile tehnice necesare, iar criteriul final de optimizare pentru alegerea soluţiei este cel economic.

Sinteza porneşte de la două situaţii fundamentale posibile:

a) există un sistem ce funcţionează în condiţii clasice sau mecanizate şi acest sistem urmează a fi transformat într-un sistem de fabricaţie flexibilă;
b) se porneşte de la cerinţele impuse şi se sintetizează un sistem complet nou.

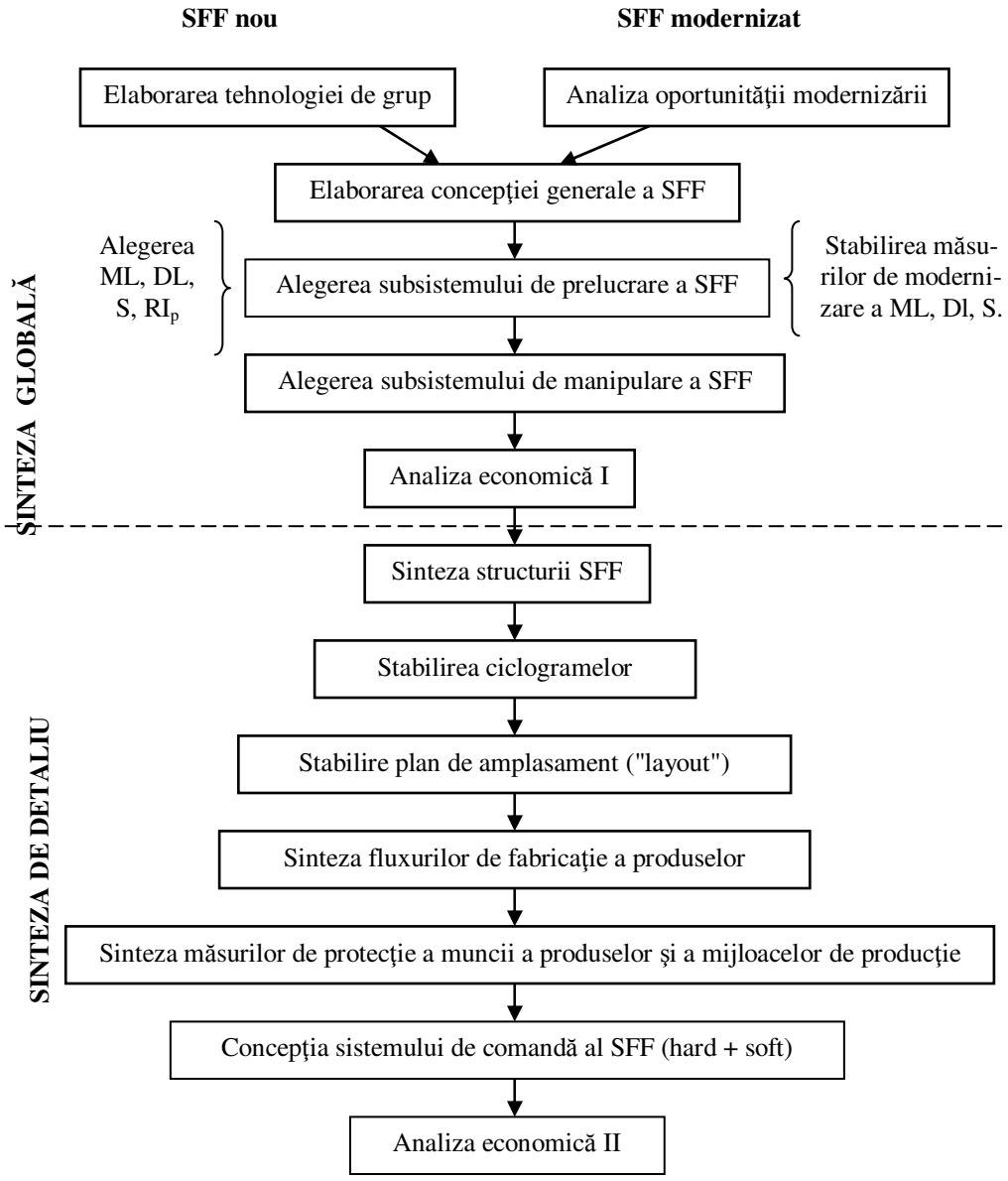

SFF nou
SFF modernizat
Elaborarea tehnologiei de grup
Analiza oportunităţii modernizării
Elaborarea concepţiei generale a SFF
Alegerea ML, DL, S, RIp
Alegerea subsistemului de prelucrare a SFF
Stabilirea măsurilor de modernizare a ML, Dl, S.
Alegerea subsistemului de manipulare a SFF
Analiza economică I
SINTEZA GLOBALĂ
Sinteza structurii SFF
Stabilirea ciclogramelor
Stabilire plan de amplasament ("layout")
Sinteza fluxurilor de fabricaţie a produselor
Sinteza măsurilor de protecţie a muncii a produselor şi a mijloacelor de producţie
Concepţia sistemului de comandă al SFF (hard + soft)
Analiza economică II
SINTEZA DE DETALIU

Fig.8.1. Ordinograma succesiunii fazelor în care se face sinteza sistemelor de fabricaţie flexibilă

În figura 8.1. se prezintă ordinograma succesiunii fazelor sintezei SFF.

În cadrul sintezei se stabilesc unele reguli de alegere a componentelor sistemului: maşini de lucru (ML), dispozitive de lucru (DL), roboţi industriali de manipulare şi de prelucrare (Rm, Rp), instalaţii aducătoare/de evacuare (IA/E) respectiv de conectare a acestor componente – legăturile necesare între ele.

Relaţiile între componentele sistemului sunt:

- spaţiale (amplasarea componentelor);
- temporale (ce condiţii de începere şi de sfârşit ale mişcării trebuie să fie îndeplinite?);
- spaţio-temporale (cum să "curgă" fluxurile?).

Observaţie. Din cadrul sistemelor de fabricaţie flexibilă se va trata doar sinteza celulelor de fabricaţie flexibilă, urmând a se face extrapolările necesare pentru celelalte sisteme ierarhice superioare.

După cum se observă şi din organigrama procesului de sinteză al unui sistem de fabricaţie flexibilă robotizată procesul este structurat pe două etape mari şi anume:

- *sinteza globală* care presupune stabilirea tipurilor de structuri posibile ale sistemului de fabricaţie în cauză, funcţie de posibilităţile şi variantele de alegere în principiu a componentelor sistemului, variante care sunt supuse unui studiu de eficientă economică preliminară;
- pentru varianta aleasă ca optim economic se va realiza în continuare *sinteza de detaliu* care continuă procesul de sinteză până la alegerea concretă a componentelor de rang minim (inclusiv pe baza ofertelor furnizorilor), precum şi stabilirea fluxurilor de materiale, energie şi informaţii în schema bloc a sistemului de rang cel mai mare; unele faze ale sintezei de detaliu a SFF se vor face la rândul lor în mai multe variante (spre exemplu de alegere a furnizorilor); sinteza de detaliu se încheie prin analiza finală a eficienţei economice.

8.2 Procese tehnologice de grup

Se spune despre un proces tehnologic că este flexibil, dacă trecerea de la fabricaţia unui produs la fabricaţia altuia se realizează cu cheltuieli minime de manoperă şi de mijloace materiale. Pentru elaborarea unui proces tehnologic flexibil este necesară ca între produsele de executat şi componentele acestora să existe nişte înrudiri de caracteristici, care să faciliteze trecerea amintită mai sus. În acest caz, tehnologia de execuţie se elaborează pentru întreaga grupă de produse înrudite. O asemenea tehnologie unitară este numită tehnologie de grup, sau proces tehnologic de grup. Tehnologiile de grup sunt fundamentale pentru funcţionarea sistemelor flexibile de fabricaţie.

Ideea tehnologiilor de grup a fost fundamentată şi dezvoltată între anii 1950 - 1960 de

către inginerul rus Mitrofanov, pentru piese prelucrate prin aşchiere. Ulterior principiul tehnologiei de grup s - a extins şi asupra altor categorii de procese de fabricaţie.

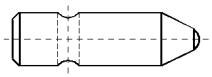
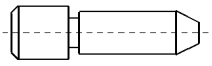
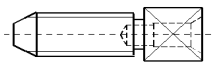
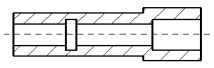
Există mai multe criterii de formare a grupului de piese pentru care se pot elabora tehnologii de grup. Aceste criterii stabilesc caracteristicile de înrudire după:

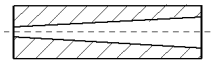
- material (nu se pot introduce în aceeaşi grupă obiecte din materiale diferite, de exemplu materiale plastice şi oţel);
- formă geometrică;
- dimensiuni (nu se pot include în aceeaşi grupă piese foarte diferite dimensional, de exemplu un şurub şi un batiu de strung), grupele se formează din piese cu dimensiuni apropriate, deoarece numai astfel se poate asigura adecvarea lor la utilajele pe care urmează să fie executate prelucrările;
- precizia dimensională (câmpul de toleranţe);
- natura prelucrărilor (nu se pot include în aceeaşi grupă piese care urmează să fie asamblate prin sudare şi piese care urmează să fie confecţionate prin prelucrări mecanice);
- calitatea suprafeţei;
- alte criterii.

Pentru grupa alcătuită din piese, subansamble sau ansamble, se constituie "produsul ideal". Acesta conţine o singură dată caracteristicile comune, stabilite prin aplicarea criteriilor menţionate, cât şi caracteristicile necomune ale produselor grupate.

Pentru a exemplifica modul de formare al produsului ideal, se prezintă în continuare o metodă matricială. În acest exemplu s-au admis ca şi criterii de grupare, formele geometrice ale pieselor şi natura prelucrărilor necesare. În acest sens, produsele se consideră piese din oţel, care se prelucrează prin aşchiere. Desenele pieselor, formele geometrice simple componente şi natura prelucrărilor cerute la executarea pieselor sunt specificate în Tab. 8.1. Enumerarea detaliilor s-a făcut din stânga spre dreapta pieselor.

Tabelul 8.1

Nr. crt.	Desenul piesei	Forme geometrice simple componente	$\underline{M}_{fk}$	Natura prelucrării prin aşchiere	$\underline{M}_{pk}$
I		- trunchi de con ext. - cilindru exterior - cilindru int. transversal - trunchi de con ext. - calotă sferică ext.	1 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0	- strunjire conică ext. - strunjire cilindrică ext. - găurire - strunjire conică ext. - strunjire sferică - strunjire frontală	1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1
II		- trunchi de con ext. - cilindru exterior - degajare cilindrică ext. - cilindru exterior - trunchi de con ext.	1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0	- strunjire conică ext. - strunjire cilindrică ext. - degajare cilindrică ext. - strunjire cilindrică ext. - strunjire conică ext. - strunjire frontală	1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0
III		- trunchi de con ext. - filet cilindric ext. - degajare cilindrică ext. - prismă pătratică ext. - cilindru int. brut - cilindru int. fin - trunchi de con int.	0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 1	- strunjire conică ext. - filetare ext. - degajare cilindrică ext. - frezare plană 4 feţe - găurire - alezare - strunjire conică int. - strunjire frontală	0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0
IV		- cilindru ext. - cilindru int. brut - degajare cilindrică int. - cilindru int. brut - cilindru ext.	1 1 0 0 0 0 1 0 0 0	- strunjire cilindrică ext. - găurire - strunjire cilindrică int. - degajare cilindrică int. - strunjire frontală	1 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0

V		- cilindru ext. - trunchi de con int.	1 0 0 0 1 0 0 0 0 0	- strunjire cilindrică ext. - găurire - strunjire conică int. - strunjire frontală	1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0

Reunind caracteristicile de formă ale celor 5 piese considerate, se întocmeşte lista caracteristicilor de formă a piesei ideale (Tab. 8.2). Reunind caracteristicile tehnologice ale pieselor din grup, se întocmeşte lista fazelor tehnologice necesare pentru prelucrarea piesei ideale (Tab. 8.3).

Tab. 8.2

Nr. crt.	Forme geometrice simple componente ale piesei ideale
1	Cilindru exterior
2	Cilindru interior
3	Cilindru interior transversal
4	Trunchi de con exterior
5	Trunchi de con interior
6	Cilindru interior finisat
7	Degajare cilindrică exterioară
8	Degajare cilindrică interioară
9	Calotă sferică
10	Filet exterior
11	Prismă

Tab. 8.3

Nr. crt.	Faze tehnologice de prelucrare ale piesei ideale
1	Strunjire cilindrică exterioară
2	Strunjire cilindrică interioară
3	Strunjire conică exterioară
4	Strunjire conocă interioară
5	Găurire
6	Alezare
7	Degajare cilindrică exterioară
8	Degajare cilindrică interioară
9	Filetare exterioară
10	Frezare plană 4 feţe
11	Strunjire frontală
12	Strunjire sferică

Pentru fiecare piesă aparţinătoare grupului se definesc două matrice coloană, respectiv, o matrice a formei geometrice $\underline{M}_f$ şi o matrice a prelucrărilor $\underline{M}_p$.

Prin convenţie, numărul de linii a matricei $\underline{M}_f$ se admite egal cu numărul formelor

geometrice simple rezultate pentru piesa ideală (în exemplul discutat vor fi 11 linii). Elementele acestei matrice se consideră egale cu "1", dacă piesa conţine forma elementară înscrisă pentru piesa ideală în linia respectivă a Tab. 8.2 şi "0" dacă nu conţine. În Tab. 8.1 s-au redat matricele de formă pentru fiecare piesă în parte.

Similar se defineşte matricea prelucrărilor $\underline{M}_p$, cu numărul de linii egal cu numărul fazelor de prelucrare rezultate pentru piesa ideală (în exemplul discutat vor fi 12 linii). Elementele acestei matrice se consideră egale cu "1", dacă piesa respectivă necesită prelucrarea înscrisă pentru piesa ideală în linia respectivă a Tab. 8.3 şi "0" dacă nu necesită. În Tab. 8.1 s-au redat matricele de prelucrare pentru fiecare piesă în parte.

Matricea de formă $\underline{M}_{fi}$ a piesei ideale se calculează cu relaţia:

$$\underline{M}_{fi} = \sum_{k=I}^{V} \underline{M}_{fk} = \left\| m_{fj} \right\| \qquad (j = 1, 2, ..., 11) \tag{8.1}$$

Întrucât elementele acestei matrici sunt $m_{fj} > 0$, piesa ideală va conţine toate formele geometrice simple care intervin la piesele grupei.

Matricea de prelucrare $\underline{M}_{pi}$ a piesei ideale poate fi calculată cu relaţia:

$$\underline{M}_{pi} = \sum_{k=I}^{V} \underline{M}_{pk} = \left\| m_{pj} \right\| \qquad (j = 1, 2, ..., 12) \tag{8.2}$$

Elementele acestei matrici fiind $m_{pj} > 0$, prelucrarea piesei ideale va necesita toate fazele tehnologice folosite în cazul prelucrării individuale a pieselor din care s-a alcătuit grupa.

Calculul concret al matricii de formă a piesei ideale pentru grupa discutată este:

$$\underline{M}_{fi} = \underline{M}_{fI} + \underline{M}_{fII} + \underline{M}_{fIII} + \underline{M}_{fIV} + \underline{M}_{fV} \tag{8.1'}$$

Înlocuind matricele de formă ale pieselor luate în considerare în Tab. 8.1 se obţine:

$$\begin{Vmatrix}4\\2\\1\\3\\2\\1\\1\\2\\1\\1\\1\end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix}1\\0\\1\\1\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\end{Vmatrix} + \begin{Vmatrix}1\\0\\0\\1\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\end{Vmatrix} + \begin{Vmatrix}0\\1\\0\\1\\1\\1\\0\\1\\0\\1\\1\end{Vmatrix} + \begin{Vmatrix}1\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\end{Vmatrix} + \begin{Vmatrix}1\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\end{Vmatrix} \qquad (8.1")$$

În mod similar se calculează matricea de prelucrare a piesei ideale:

$$\underline{M}_{pi} = \underline{M}_{pI} + \underline{M}_{pII} + \underline{M}_{pIII} + \underline{M}_{pIV} + \underline{M}_{pV} \qquad (8.2')$$

Înlocuind matricile de prelucrare din Tab. 8.1 pentru toate cele 5 piese ale grupei, rezultă:

$$\begin{Vmatrix}4\\1\\3\\2\\4\\1\\2\\1\\1\\1\\5\\1\end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix}1\\0\\1\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\1\end{Vmatrix} + \begin{Vmatrix}1\\0\\1\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\1\\0\end{Vmatrix} + \begin{Vmatrix}0\\0\\1\\1\\1\\1\\1\\0\\1\\1\\1\\0\end{Vmatrix} + \begin{Vmatrix}1\\1\\0\\0\\1\\0\\0\\1\\0\\0\\1\\0\end{Vmatrix} + \begin{Vmatrix}1\\0\\0\\1\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\end{Vmatrix} \qquad (8.2")$$

Ordinea în care apar formele geometrice simple în piesa ideală este determinată de posibilităţile de executare a acesteia (modul cum se realizează prinderea în dispozitive, accesul

sculelor, etc.). Desenul piesei ideale corespunzătoare grupei de piese specificate în Tab. 8.1 şi care este în acord cu relaţiile (8.1"), respectiv (8.2") este redat în Fig. 8.2).

Evidenţierea ordinii de amplasare a formelor geometrice simple la piesa ideală poate fi făcută cu ajutorul unei matrice coloană $\underline{M}_{fi}^{0}$, care are ca şi elemente numerele de ordine ale formelor simple cu semnificaţiile din Tab. 8.2, aranjate în succesiunea apariţiei lor pe piesa ideală.

Evidenţierea ordinii de prelucrare prin aşchiere a suprafeţelor piesei ideale poate fi făcută cu ajutorul unei matrice coloană $\underline{M}_{pi}^{0}$, care conţine ca şi elemente numerele de ordine ale liniilor specificate în Tab. 8.3, aşezate în succesiunea prelucrărilor piesei ideale.

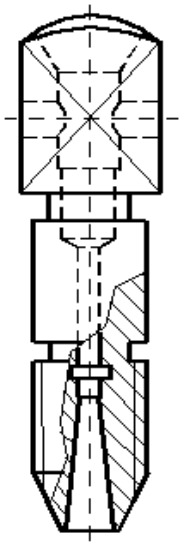


Fig. 8.2 Piesa ideală

$$\underline{M}_{fi}^{0} = \begin{Vmatrix} 9 \\ 11 \\ 7 \\ 1 \\ 7 \\ 10 \\ 4 \\ 5 \\ 2 \\ 8 \\ 2 \\ 6 \\ 3 \\ 5 \end{Vmatrix} \qquad (8.3) \qquad \underline{M}_{pi}^{0} = \begin{Vmatrix} 11 \\ 7 \\ 1 \\ 7 \\ 3 \\ 9 \\ 5 \\ 4 \\ 8 \\ 12 \\ 5 \\ 4 \\ 10 \\ 5 \\ 6 \end{Vmatrix} \qquad (8.4)$$

În cadrul proiectării procesului tehnologic de grup se aleg maşinile şi dispozitivele de lucru, sculele necesare, itinerarul tehnologic pentru prelucrarea piesei ideale, se calculează regimurile şi timpii de prelucrare pentru piesa ideală.

Procesele tehnologice de prelucrare ale pieselor componente grupului se obţin din particularizarea procesului tehnologic de grup, neluând în considerare maşinile, dispozitivele, sculele, regimurile şi duratele de aşchiere care nu sunt necesari pentru prelucrarea formelor

geometrice ale piesei reale.

De preferinţă, în procesele tehnologice de grup se utilizează dispozitive flexibile, concepute pentru piesa ideală, care se particularizează apoi pentru fiecare piesă din grup, ori prin reglaje, ori prin eliminarea componentelor care la operaţia tehnologică respectivă nu sunt necesare.

8.3. Analiza posibilităţilor de modernizare ale unui sistem de fabricaţie existent

Definiţie. Prin *modernizare* se înţelege acel proces prin care unele echipamente clasice sau mecanizate existente în sistem se automatizează şi se adecvează fabricaţiei flexibile, în sensul că se fac anumite adaptări în aşa manieră încât să se permită trecerea facilă de la fabricarea unui produs la altul.

Observaţie. Atunci când se porneşte de la un sistem de fabricaţie existent şi se doreşte modernizarea lui, procesul de fabricaţie se preia cu tot cu tehnologia de grup existentă.

Întrebarea care trebuie pusă în cazul în care se doreşte modernizarea este: Merită să se modernizeze sistemul clasic?

Răspunsul se formulează pe baza unei analize efectuate din două puncte de vedere şi anume:

- tehnico - economică;
- socială.

Tehnica utilizată pentru pregătirea luării deciziilor este cea a analizei multicriteriale.

Din punct de vedere tehnico - economic se iau în considerare 12 criterii prezentate în tabelul 7.1.

Pentru simplificare se prezintă doar condiţiile extreme de acordare a punctajului.

Definiţie. Se defineşte *criteriul* ca fiind o condiţie care poate fi îndeplinită în mai multe trepte: de la 0 până la îndeplinirea totală.

Gradul de îndeplinire se punctează de la 0 până la îndeplinirea totală (G_i reprezintă gradul de îndeplinire a criteriului "*i*").

Întrucât importanţa unui criteriu poate fi mai mare sau mai mică decât a altuia, în funcţie de importanţa criteriului acesta se va pondera cu un coeficient de valoare (c_{vi} pentru importanţa criteriului "*i*").

Pentru un anumit domeniu de activitate în care se doreşte introducerea unui sistem de fabricaţie flexibilă se va calcula următoarea mărime:

$$S = \sum_{i=1}^{n} c_{vi} \cdot G_i \qquad (7.1)$$

După calculul cifrei S se cercetează în ce domeniu se plasează cifra S: D_1, D_2, …,D_m.

Semnificaţia domeniului este aceea că funcţie de apartenenţa cifrei S la un domeniu se cuantifică posibilitatea sau imposibilitatea de modernizare a sistemului de fabricaţie existent.

Din punct de vedere tehnico – economic dacă valoarea S calculată se află în domeniul D_1=[12;20] există posibilităţi foarte bune de modernizare, dacă se află în domeniul D_2=(20;30] posibilităţile de modernizare sunt bune, dacă se află în domeniul D_3=(30;40] posibilităţile de modernizare sunt mijlocii, iar dacă se află în domeniul D_4>40 posibilităţile de modernizare sunt slabe.

Tabelul 7.1.

Criteriu	Punctaj
Starea de orientare a obiectelor	- punctaj 1 dacă OL este tot timpul orientat după 2 axe - punctaj 5 dacă situarea OL este nedefinită şi lipsesc mijloacele de ordonare
Gradul de automatizare a ML	- punctaj 1 dacă toate ML sunt automatizate - punctaj 5 dacă şi scula trebuie condusă manual
Funcţii auxiliare ale ML	- punctaj 1 dacă nu este nevoie de funcţii auxiliare sau dacă acestea sunt automatizate - punctaj 5 în celelalte cazuri
Funcţii de verificare, măsurare şi control	- punctaj 1 dacă nu sunt necesare, dacă sunt automatizate sau dacă se pot deplasa în altă fază - punctaj 5 dacă nu este stabilită măsurarea nici unei mărimi
Desfăşurarea operaţiilor de prelucrare	- punctaj 1 dacă ele sunt definite univoc şi necesită un singur braţ al operatorului uman pentru manipularea OL şi acţionarea comenzilor ML - punctaj 4 dacă nu sunt definite univoc sau necesită mai multe braţe în scopul amintit mai sus
Exactitatea prelucrării	- punctaj 1 la precizie mică - punctaj 5 la precizie foarte mare
Sarcina utilă	- punctaj 1 la sarcini mici (sub 20 kg) - punctaj 5 la sarcini mari (peste 1500 kg)
Funcţionarea sistemelor necesită puţine reechipări pe schimb	- punctaj 1 dacă nr. de reechipări sunt reduse - punctaj 4 dacă nr. de reechipări > 8
Tipodimensiuni de piese	- punctaj 1 dacă numărul lor este de până la 10 - punctaj 5 pentru un număr > 50

Gradul de uzură a ML şi echipamentelor tehnologice	- punctaj 1 dacă ML sunt noi; – punctaj 4 dacă timpul de amortizare rămas < 2 ani
Frecvenţa medie de defectare pe oră	- punctaj 1 dacă frecvenţa medie de defectare pe oră < 0,001 - punctaj 5 dacă frecvenţa medie de defectare pe oră >10
Numărul de schimburi în exploatare	- punctaj 1 numărul de schimburi =3 - punctaj 3 numărul de schimburi =1

Din punct de vedere social se iau în considerare următoarele criterii:

Tabelul 7.2.

Criteriu	Punctaj
Pericol de accidentări	5
Monotonie	4
Solicitare fizica mare	2
Locuri de muncă în zone murdare, cu praf	2
Se lucrează la temperaturi înalte	3
Se lucrează în frig	2
Se lucrează în medii cu uleiuri, grăsimi	1
Atmosfera este viciată de gaze, vapori	2
Existenţa zgomot	4
Trepidaţii	1
Alte nevoi de haine de protecţie	1
Lumină	2

Punctajele obţinute se înmulţesc cu coeficienţi de valoare între 0 şi 3 iar pe baza sumei calculate pot apărea următoarele cazuri: dacă suma este mai mică decât 34 din punct de vedere social nu se impune automatizarea, iar dacă suma este mai mare decât 64 se impune modernizarea din punct de vedere social, chiar dacă din punctul de vedere al condiţiilor tehnico-organizatorice nu rezultă necesitatea modernizării.

Întrebări de autoevaluare

1. Definiţi sinteza SFF.
2. Sinteza porneşte de la două situaţii fundamentale posibile. Care sunt acestea?
3. Ce presupune sinteza globală?
4. Ce se înţelege prin modernizare?

Teste grilă

Se spune despre un proces tehnologic că este flexibil, dacă:

a) trecerea de la fabricaţia unui produs la fabricaţia altuia se realizează cu cheltuieli minime de manoperă şi de mijloace materiale.
b) trecerea de la fabricaţia unui produs la fabricaţia altuia se realizează cu cheltuieli maxime de manoperă şi de mijloace materiale.
c) trecerea de la fabricaţia unui produs la fabricaţia altuia se realizează in cel mai scurt timp.

Soluţii: 1. a

Rezumat

Dacă prin *analiza* unui sistem se înţelege studiul unui sistem existent cu scopul de a stabili proprietăţile lui, *sinteza* unui sistem reprezintă procesul invers al analizei; se porneşte de la premisa ca sistemul în cauză să prezinte anumite caracteristici/proprietăţi şi se determină structura sistemului, componentele sale şi legăturile necesare dintre componente.

Definiţie. *Sinteza SFF* este procesul de concepţie prin care, pornindu-se de la cerinţele (funcţia) pe care trebuie să le îndeplinească un sistem de fabricaţie flexibilă robotizat şi utilizând baze de date disponibile (cunoştinţe + experienţă umană în domeniu) se determină structura sistemului, precum şi legăturile ce se necesită a exista între componentele SFF-ului.

Procesul de sinteza este structurat pe două etape mari şi anume:

- *sinteza globală* care presupune stabilirea tipurilor de structuri posibile ale sistemului de fabricaţie în cauză, funcţie de posibilităţile şi variantele de alegere în principiu a componentelor sistemului, variante care sunt supuse unui studiu de eficientă economică preliminară;
- pentru varianta aleasă ca optim economic se va realiza în continuare *sinteza de detaliu* care continuă procesul de sinteză până la alegerea concretă a componentelor de rang minim (inclusiv pe baza ofertelor furnizorilor), precum şi stabilirea fluxurilor de materiale, energie şi informaţii în schema bloc a sistemului de rang cel mai mare; unele faze ale sintezei de detaliu a SFF se vor face la rândul lor în mai multe variante (spre exemplu de alegere a furnizorilor); sinteza de detaliu se încheie prin analiza finală a eficienţei economice.

Bibliografie

29. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
30. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
31. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
32. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 9. ELABORAREA CONCEPŢIEI DE ANSAMBLU A SISTEMULUI DE FABRICAŢIE FLEXIBILĂ –I

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Să alegeţi componentele subsistemului de prelucrare.
- Să alegeţi componentele subsistemul de manipulare
- Să alegeţi structura de principiu a instalaţiei aducătoare/de evacuare.

***Cuvinte cheie*:**

Concepţia SFF, sistem de manipulare, sistem de prelucrare, instalaţie aducătoare/evacuare.

Cuprinsul Modului:

9.1. Elaborarea concepţiei generale a SFF

9.2.Alegerea subsistemului de prelucrare

9.3. Alegerea subsistemului de manipulare.

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

9.1. Elaborarea concepţiei generale a SFF

În cadrul acestei faze ale ordinogramei se va avea în vedere o alegere de principiu a componentelor sistemului de fabricaţie flexibilă, precum şi a modului de lucru al acestuia.

Pentru aceasta se vor analiza unele mărimi ce influenţează luarea unor decizii privind automatizarea. Mărimile se grupează în cinci domenii distincte:

a) Cum se automatizează prelucrarea şi măsurarea/controlul prin prisma:
- gradului de automatizare dorit;
- duratei de funcţionare remanentă a utilajelor;
- frecvenţei admise a defectărilor;
- frecvenţei de măsurare/control;
- mijloacelor utilizate pentru măsurare şi control.

b) Automatizarea aducerii materialelor auxiliare şi evacuării deşeurilor va ţine cont de:
- natura şi masa materialelor auxiliare, respectiv a deşeurilor;
- locul şi timpul aducerii/evacuării materialelor auxiliare/deşeurilor;
- mijloacele auxiliare utilizate.

c) Alegerea instalaţiilor pentru operaţiile executate de membrii "familiei robot" necesită:
- elaborarea unui plan de amplasare;
- evidenţierea spaţiului disponibil;
- numărul şi natura utilajelor deservite de membrii familiei robot;
- numărul şi poziţia canalelor de intrare şi ieşire a fluxurilor din sistem;
- poziţiile ţintă ce trebuiesc atinse;
- spectrul de OL;
- sculele utilizate;
- cantitatea de obiecte de lucru manipulate;
- natura şi cantitatea materialelor auxiliare şi a deşeurilor de adus/ de evacuat.

d) Alegerea echipamentelor periferice se face funcţie de:
- spectrul de OL;
- cantitatea de obiecte manipulate;

- condiţiile de mediu;
- amplasament (layout);
- canalele de intrare/ieşire a fluxurilor de materiale/informaţii.

e) Concepţia de principiu a planului de amplasament (layout) necesită cunoaşterea:

- numărului şi naturii utilajelor;
- canalelor de intrare/ieşire a fluxurilor de materiale;
- poziţiile ţintă de atins;
- spaţiul; disponibil şi detaliile de construcţie a halei în care se amplasează sistemul.

9.2. Alegerea subsistemului de prelucrare

Alegerea subsistemului de prelucrare se face funcţie de soluţia fundamentală de pornire şi anume:

a) Se concepe un SFF nou:

Cunoscând tehnologia de grup – procesul tehnologic de realizat se trece după prospectarea pieţei la alegerea din cataloage a maşinilor de lucru care sunt capabile să realizeze operaţiile tehnologice prescrise de tehnologia piesei ideale şi care trebuie:

- să fie *adecvate*;
- să fie *flexibile*;
- să aibă *funcţionarea automată fiabilă.*

Pornind de la aceleaşi considerente se aleg şi dispozitivele de lucru şi sculele.

În cazul în care pe piaţa nu există componentele dorite şi nu pot fi substituite cu alte produse se vor elabora teme de proiectare şi se vor contracta execuţia pentru piesele ce nu pot fi achiziţionate de la terţi.

La terminarea acestei etape se recomandă întocmirea unui caiet de sarcini în care să apară fiecare componentă cu caracteristicile sale şi se vor solicita oferte de la furnizori potenţiali.

b) Se modernizează un sistem de fabricaţie existent:

Se ia fiecare în considerare fiecare componentă a subsistemului de prelucrare în parte şi se analizează posibilităţile de adecvare a acestora la cerinţele impuse.

Astfel se analizează:

- posibilitatea implementării unor interfeţe între sistemul de conducere al SFF şi utilajele care se doresc a fi automatizate;
- posibilitatea automatizării aducerii/evacuării şi instalării sculelor;
- posibilitatea automatizării operaţiilor de măsură şi control;
- posibilitatea adecvării dispozitivelor de lucru, a IA/E la comanda automată;
- posibilităţi de sesizare automată a defecţiunilor în funcţionarea echipamentelor.

În continuare se întocmesc caiete de sarcini pentru proiectele de modernizare, se comandă executarea internă sau externă a proiectelor după o avizare prealabilă a acestora.

9.3. Alegerea subsistemului de manipulare

În sistemele clasice de regulă nu există subsisteme de manipulare, tratarea problemei alegerii acestui subsistem se face unitar atât pentru elaborarea unui SFF nou, cât şi dacă se doreşte modernizarea unuia existent.

Roboţii şi dispozitivele IA/E se vor comanda fie conform metodologiilor descrise la alegerea maşinilor de lucru pentru SFF nou de la producători consacraţi, fie se vor da teme de proiectare urmate de contractarea execuţiei lor (nu în cazul roboţilor).

În procesul de alegere a componentelor subsistemului de manipulare se vor avea în vedere următoarele aspecte:

- alegerea structurii optimale a IA/E;
- repartizarea gradelor de libertate ale mişcării obiectului de lucru pe componentele subsistemului de manipulare;
- repartizarea porţiunilor de traiectorie ale punctului caracteristic a obiectului de manipulat pe componentele subsistemului de manipulare;
- repartizarea cerinţelor fată de manipularea inteligentă a subsistemului de manipulare;
- alegerea robotului.

9.3.1. Alegerea structurii de principiu a instalaţiei aducătoare/de evacuare

Se urmăreşte selectarea unei variante de principiu pentru IA/E.

Pentru exemplificare se va considera cazul în care se serveşte trei maşini de lucru amplasate în linie, obiectul de lucru trebuind să ajungă succesiv la fiecare dintre acestea.

Există următoarele variante de deservire a posturilor de lucru:

a) "Înlănţuirea" maşinilor (verketting);

Planul de amplasament pentru această variantă se prezintă în fig. 9.1.

Avantaj: este o soluţie relativ simplă.

Dezavantaje: 1.introduce un anumit grad de rigiditate pentru că succesiunea în care se parcurg posturile de lucru este de neschimbat (1→2→3);

2.semifabricatele se pot acumula pe dispozitivul de transfer şi imobilizează capitalul circulant (crescând volumul producţiei neterminate).

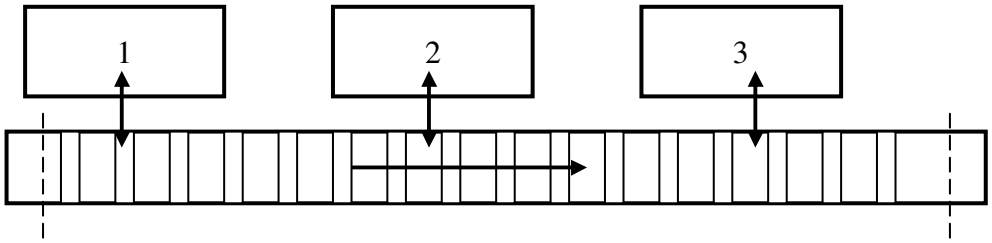


Fig.9.1. Plan de amplasament pentru o variantă de înlănţuire a maşinilor de lucru cu ajutorul unui dispozitiv de transfer

b) Realizarea transferului cu ajutorul unui robot prevăzut cu o translaţie lungă

Planul de amplasament pentru această variantă se prezintă în fig. 9.2.

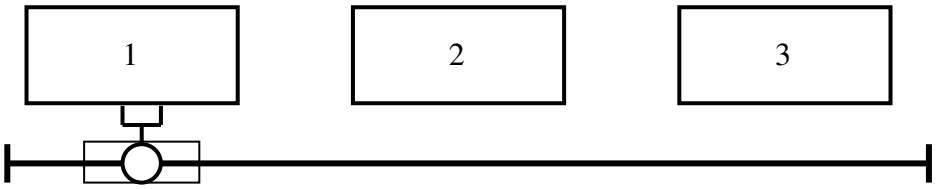


Fig.9.2. Plan de amplasament pentru o variantă în care transferul se face cu ajutorul unui robot prevăzut cu o translaţie lungă

Avantaje: 1. micşorarea volumului producţiei neterminate.

2.flexibilitate crescută datorită faptului că robotul are o viteză de deplasare pe ghidajul lung suficient de mare, rezultă că succesiunea operaţiilor de transfer nu mai este rigidă.

Dezavantaj: cost ridicat.

c) Înlănţuirea maşinilor prin transfer de palete;

Planul de amplasament pentru această variantă se prezintă în fig. 9.3.

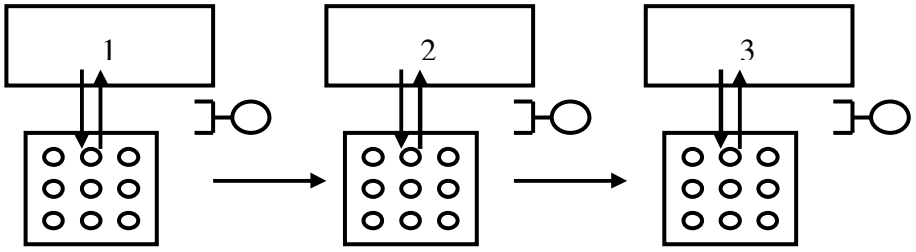


Fig.9.3. Plan de amplasament pentru o variantă la care se utilizează o înlănţuire a maşinilor prin transfer de palete

Avantaje: 1.flexibilitate mare;

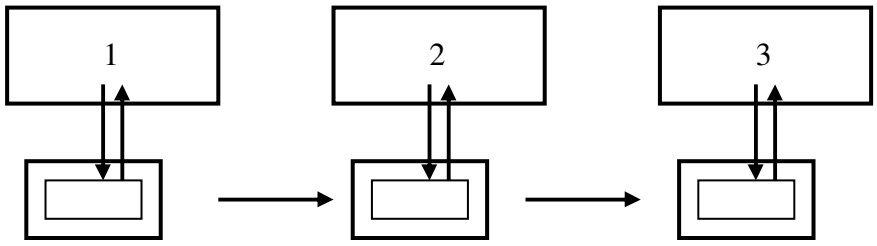
2.se manipulează deodată toate obiectele de lucru din paletă;

3.nu se necesită dispozitiv de ordonare.

Dezavantaje: imobilizare de capital în producţie neterminată.

d) Realizarea transferului cu palete de prelucrare.

Planul de amplasament pentru această variantă se prezintă în fig. 9.4.



Paletă de prelucrare

Fig.9.4. Plan de amplasament pentru o variantă la care se utilizează palete de prelucrare

Paleta de prelucrare - un hibrid între dispozitivul de transfer şi dispozitivul de lucru conţine dispozitive de situare – fixare pentru mai multe OL. Asemenea palete se folosesc la prelucrarea pe centre de prelucrare sau la asamblarea prin sudură.

Avantaje: 1. situarea şi fixarea semifabricatului se face doar o data pe paletă;
2. soluţia permite o flexibilitate mare în funcţie de dispozitivul de transfer;

Dezavantaje: 1.nu se poate utiliza decât acolo unde maşina unealtă este
2. adecvată primirii/eliberării paletelor de lucru.

9.3.2 Repartizarea gradelor de libertate ale mişcării obiectului de lucru pe componentele subsistemului de manipulare.

Modificarea situării obiectului de lucru în spaţiu este descrisă de variaţia în timp a şase mărimi (corespunzând celor şase grade de libertate ale obiectului).

Problema ce se necesită a fi rezolvată poate fi formulată prin întrebarea: "Din cele şase mărimi ce descriu situarea în spaţiu a OL câte să le schimbe IA/E şi câte robotul?"

Între numărul gradelor de libertate ale OL ce trebuie schimbate în timpul operaţiei de manipulare – L – şi numărul gradelor de libertate pe care le poate schimba IA/E – $L_{IA/E}$ - , numărul gradelor de mobilitate ale robotului – M – şi numărul gradelor de libertate pe care le poate schimba operatorul uman – L_{OU} –există următoarea relaţie:

$$L \le L_{IA/E} + M + L_{OU} \qquad (9.1.)$$

Pentru ca sistemul să funcţioneze automat este necesar ca $L_{OU}=0$.

Dacă IA/E este complexă, atunci $L_{IA/E}$ va fi mare şi deci rezultă că numărul gradelor de mobilitate ale robotului poate fi mai mic. Invers, un robot cu un număr mare de grade de mobilitate poate conlucra cu o IA/E mai simplă.

9.3.3 Repartizarea porţiunilor de traiectorie a punctului caracteristic a obiectului de manipulat pe componentele subsistemului de manipulat

Problemele de rezolvat şi modul de soluţionare al lor se exemplifică în continuare printr-un caz concret.

Se presupune că poziţiile punctului caracteristic al obiectului de manipulat se dispune în conformitate cu figura 9.5.

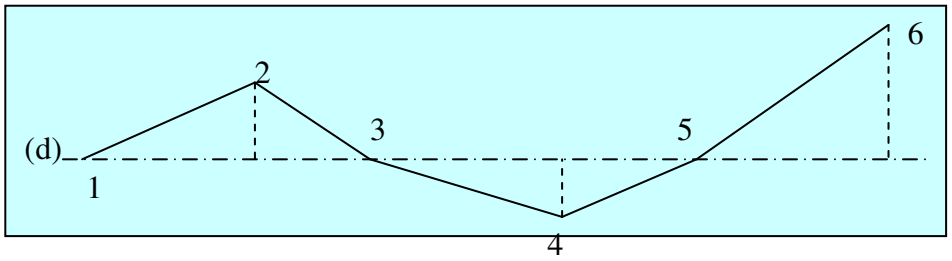
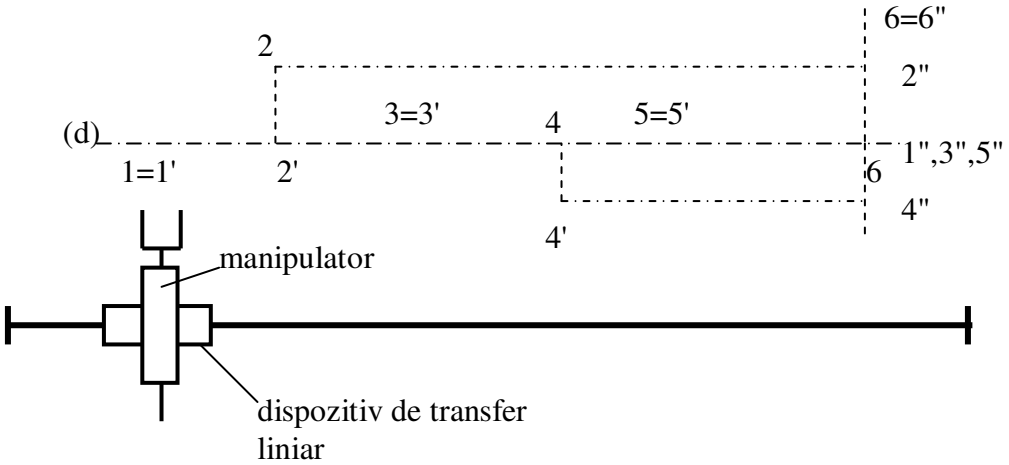


Fig.9.5. Spaţiu de lucru robot industrial.
Traiectoria punctului caracteristic

Pentru a putea atinge toate poziţiile impuse există următoarele soluţii:

a) Se alege un robot ce are spaţiul de lucru astfel încât să cuprindă toate cele şase poziţii de atins (ca în figura 9.5.);

b) Se alege un dispozitiv de transfer liniar care are opriri în punctele care constituie proiecţiile pe dreapta (d) a celor şase puncte corespunzătoare poziţiilor punctului caracteristic. Montat pe organul de lucru al dispozitivului de transfer liniar, un manipulator cu un singur grad de libertate asigură deplasarea punctului caracteristic pe o direcţie perpendiculară pe dreapta (d); poziţiile impuse punctului caracteristic se obţin prin combinarea celor două mişcări de translaţie (fig.9.6.)



1', 2', 3', 4', 5', 6' - poziţii ale dispozitivului de transfer liniar

1", 2", 3", 4", 5", 6" - poziţii lae manipulatorului

Fig.9.6.Utilizarea a două cuple de translaţie dispuse ortogonal pentru atingerea punctelor 1 – 6

Dacă poziţiile de atins ale punctului caracteristic ale OL sunt dispuse conform figurii 9.7. atunci la fel ca şi în cazul precedent fie se utilizează un robot a cărui spaţiu de lucru să se suprapună peste norul de puncte de atins, fie se utilizează o masă de situare rotativă căreia i s-a ataşat – ca în figura 9.8 - un manipulator cu un singur grad de mobilitate, având direcţia axei de translaţie radială faţă de mişcarea mesei; poziţiile punctului caracteristic vor fi atinse prin combinarea mişcărilor mesei şi a manipulatorului.

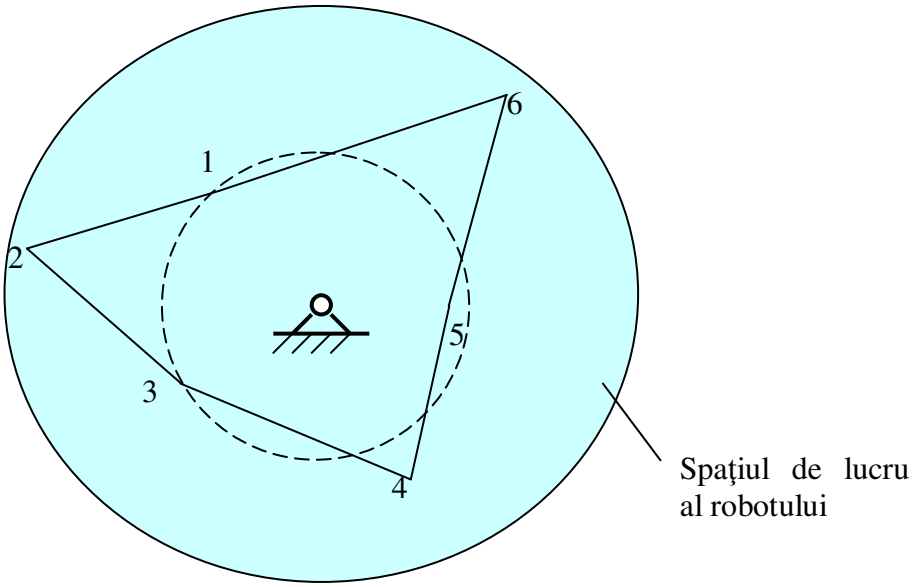


Fig.9.7. Utilizarea unui robot în coordonate cilindrice pentru atingerea punctelor 1 - 6

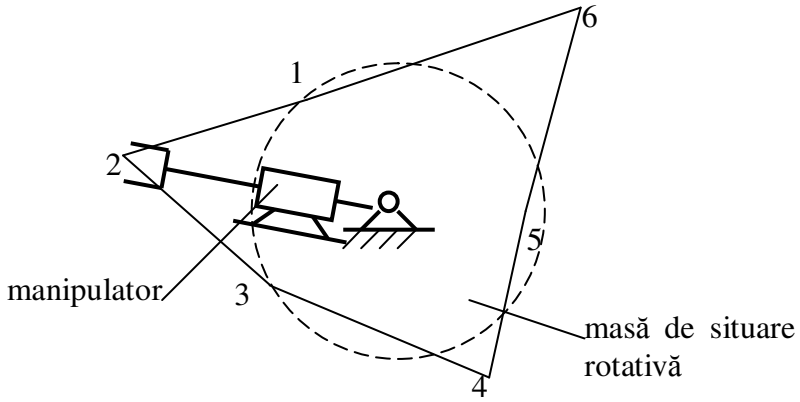


Fig.9.8. Utilizarea a unei mese de situare rotative şi a unui manipulator

pentru atingerea celor şase poziţii ale punctului caracteristic

În ambele cazuri prezentate spre exemplificare, soluţiile tehnice sunt fezabile. Se aleg soluţiile pe baza altor criterii tehnice, respectiv economice.

9.3.4. Repartizarea pe componentele subsistemului de manipulat a cerinţelor faţă de manipularea inteligentă

Cerinţele de comportament inteligent pot fi distribuite între cele trei componente ale subsistemului de manipulare: operatorul uman (OU), instalaţia aducătoare/de evacuare (IA/E) şi robotul industrial de manipulare. (RIm).

Pot să apară următoarele cazuri:

1.În cazul sistemului de fabricaţie clasic, operatorul uman prin acţiunea sa inteligentă face ca sistemul să fie adaptiv la diverse situaţii. Cu alte cuvinte operatorul uman, constatând starea sistemului şi perturbaţiile care sunt exercitate asupra lui, ia decizii şi acţionează în conformitate cu cele constatate pentru îndeplinirea obiectivului impus.

2.Dacă sistemul de fabricaţie este unul automat (OU este eliminat complet, funcţiile sale fiind preluate de către sisteme de comandă), elementele de inteligenţă artificială pot fi repartizate fie pe IA/E, fie pe RIm.

În tabelul 9.1. se prezintă în funcţie de cerinţele de adaptabilitate impuse, facilităţile oferite fie de comportamentul logic-secvenţial al IA/E, fie de inteligenţa artificială a RIm.

Tabelul 9.1

Nr. crt	CERINŢE	FACILITĂŢI	
		Comportament logic, secvenţial al IA/E	Inteligenţa artificială a R.I.
1.	Constatarea existenţei/ neexsistenţei OL	- senzori de existenţă	- senzori de existenţă - percepţie artificială
2.	Recunoaşterea formei/situării OL	- parţial prin ordonare - idem+senzori multipli	- percepţie artificială
3.	Adaptarea la forme variate ale OL	- reglare, reechipare automată	- schimbare automată a programului (decizie automată) - schimbare EF

4.	Ordonarea OL	- dispozitive de ordonare	- prin programe de ordonare
5.	Selectarea, dozarea, numărarea, sortarea	- dispozitive de selectare, dozare, numărare, sortare	- percepţie artificială - programe de selectare, dozare, numărare, sortare
6.	Măsurarea, controlul OL	- D.M.C. + dispozitive de sortare	- percepţie artificială - programe de măsurare şi control - înzestrare cu capete de măsurare şi control
7.	Situarea, fixarea, defixarea OL	- dispozitive de lucru automate	- program de situare
8.	Pornirea/oprirea ML	- dispozitive de pornire/ oprire automată	- "dialog" şi interblocări
9.	Schimbarea/reglarea sculelor	-	- depozit + manipulator scule
10.	Schimbarea itinerarului tehnologic	-	- decizie automată

Numărul de cerinţe de comportament inteligent (C_i) este necesar a fi mai mic sau egal cu suma facilităţilor oferite de comportamentul logic secvenţial al IA/E ($F_{IA/E}$), de inteligenţa artificială a RIm (F_{RIm}) şi inteligenţa naturală a operatorului uman (F_{OU}).

Simbolic:

$$C_i \le F_{IA/E} + F_{R\,\mathrm{Im}} + F_{OU} \tag{9.2}$$

Fundamental există din acest punct de vedere următoarele variante de alegere a subsistemului de manipulare:

a)Dacă IA/E aleasă este de o complexitate mare (conferă mişcări multe şi variate OL şi are comportament logic secvenţial dezvoltat) atunci RIm poate fi mai simplu, mai ieftin şi invers dacă se alege un RIm de mare complexitate (număr mare de grade de mobilitate, multe elemente de inteligenţă artificială, spre ex.: posibilităţi de schimbare automată a efectorului final, a programelor, etc.) atunci IA/E poate fi aleasă mai simplă.

b)În măsura în care operatorul uman participă în activitatea subsistemului de manipulare, în aceeaşi măsură se poate reduce complexitatea IA/E cât si a RIm.

Criteriile pe baza căruia proiectantul de sistem rezolvă aceste dileme de alegere a subsistemului de manipulare se stabilesc din alte considerente tehnice, respectiv din cele economice.

Întrebări de autoevaluare

1. Care este motivul realizării concepţiei generale a SFF?
2. În funcţie de ce criterii se face alegerea componentelor subsistemului de prelucrare?
3. Ce aspecte sunt luate în vedere la alegerea componentelor subsistemului de manipulare?
4. Care sunt structurii de principiu a instalaţiei aducătoare/de evacuare luate in calcul in cadrul procesul de alegere a componentelor subsistemului de manipulare?
5. Pe câte componente ale subsistemului de manipulare pot fi distribuite gradelor de libertate ale mişcării obiectului de lucru?
6. În câte componente pot fi distribuite c*erinţele de comportament* inteligent?
7. Ce reprezintă termenii formulei $C_i \le F_{IA/E} + F_{R\,\mathrm{Im}} + F_{OU}$?

Rezumat

În cadrul etapei de elaborare a concepţiei generale a SFF se va avea în vedere o alegere de principiu a componentelor sistemului de fabricaţie flexibilă, precum şi a modului de lucru al acestuia.

Pentru aceasta se vor analiza unele mărimi ce influenţează luarea unor decizii privind automatizarea. Mărimile se grupează în cinci domenii distincte:

a) Cum se automatizează prelucrarea şi măsurarea/controlul

b) Automatizarea aducerii materialelor auxiliare şi evacuării deşeurilor

c) Alegerea instalaţiilor pentru operaţiile executate de membrii "familiei robot"

d) Alegerea echipamentelor periferice

e) Concepţia de principiu a planului de amplasament (layout)

Alegerea subsistemului de prelucrare se face funcţie de soluţia fundamentală de pornire şi anume:

a) Se concepe un SFF nou:

b) Se modernizează un sistem de fabricaţie existent

În procesul de alegere a componentelor subsistemului de manipulare se vor avea în vedere următoarele aspecte:

- alegerea structurii optimale a IA/E;
- repartizarea gradelor de libertate ale mişcării obiectului de lucru pe componentele subsistemului de manipulare;
- repartizarea porţiunilor de traiectorie ale punctului caracteristic a obiectului de manipulat pe componentele subsistemului de manipulare;
- repartizarea cerinţelor fată de manipularea inteligentă a subsistemului de manipulare;
- alegerea robotului.

Bibliografie

33. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
34. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
35. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
36. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 10. ELABORAREA CONCEPŢIEI DE ANSAMBLU A SISTEMULUI DE FABRICAŢIE FLEXIBILĂ –II

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale:

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Să alegeţi robotul/roboţii in cadrul unui SFF.
- Structura sistemului de comanda al unui SFF.

***Cuvinte cheie*:**

Sistem de comanda, roboți.

Cuprinsul Modului:

10.1. Alegerea robotului.

10.2. Arhitectura sistemului de comandă a uni sistem de fabricaţie flexibilă.

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

10.1. Alegerea robotului

În cadrul sintezei SFF la alegerea componentelor subsistemului de manipulare cea mai importantă etapă o reprezintă alegerea robotului.

Ţinând seama de rolul robotului în cadrul SFF, alegerii lui i se acordă o atenţie sporită faţă de celelalte componente ale sistemului.

Pentru alegerea robotului se parcurg trei etape, fiecare etapă "rafinând" soluţia.

În prima etapă se are în vedere:

a) *sarcina utilă* (obiect de lucru OL şi efector final EF) pe care trebuie să o manipuleze robotul;
b) *natura acţionării* (se alege avându-se în vedere considerente tehnice, economice, cât şi posibilităţile efective de utilizare a tipului respectiv de acţionare);
c) *natura programării* (secvenţial, PTP, MP, CP) în funcţie de sarcina de executat.

După aceasta primă etapă se elaborează un prim plan de amplasament (layout) aproximativ.

Ţinându-se cont şi de acesta în cea de-a doua etapă se vor preciza:

a) *modalitatea de montare a robotului*:

- pe sol
  - staţionar sau
  - mobil
    - montat pe o axă de translaţie lungă sau
    - montat pe robocar
- suspendat
  - portal simplu
  - semiportal
  - dubluportal
- pe mijloacele de producţie.

În tabelul 10.1. sunt prezentate premisele de la care se porneşte când se acceptă unul dintre cele trei tipuri de amplasare, avantajele şi dezavantajele fiecărui tip de amplasare.

Tabelul 10.1

	pe sol	suspendat	pe ML
Premise	- spaţiu mare de acces la ML, care să nu fie obturat; - să nu fie necesară introducerea/scoate-rea obiectelor de lucru în ML pe verticală; - capacitate mare de încărcare a solului	- există spaţiu unde se poate monta ? (ex: grinzi de plafon, structuri por-tale, unde nu există poduri rulante, exhaustor); - robotul să aibă con-strucţie adecvată pentru montaj suspendat; - să existe o capacitate portantă adecvată a structurii;	- structura ML să permită acest lucru – robotul să fie uşor – să nu apară transmiteri impor-tante de forţe, vibraţii de la robot la ML;
Avantaje	- amplasare realizabilă facil; - cheltuieli de instalare reduse; - cheltuieli de întreţinere reduse;	- există acces bun la ML; - la defectarea RI, OU poate deservi ML; - nu obturează IA/E, conductorii de energie, conductele purtătoare de energie;	- spaţiul ocupat de RI pe sol este zero sau redus; - realizându-se pro-tecţia de accidente produse de ML, se realizează şi protecţia faţă de robot;
Dezavantaje	- limitarea accesului la ML; – la defectarea RI servirea manuală e îngreunată; - necesitatea unor măsuri de interzicere a accesului OU în spaţiul de coliziune;	- cheltuieli de instalare mari; - cheltuieli de întreţinere mari; – necesitatea unor sisteme portale speciale;	- accesul la ML îngreunat; - dacă se defectează ML, RI stă; – la defectarea RI şi servirea manuală a ML e îngreunată; - spaţiul de lucru al RI este redus;

- varianta portal simplu

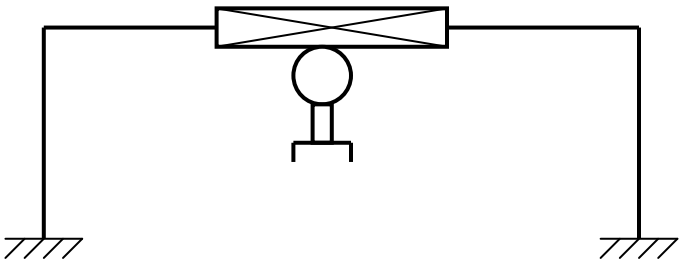


Fig.10.1 Amplasare suspendată a RI - variantă portal simplu

- variantă semiportal – consolă;

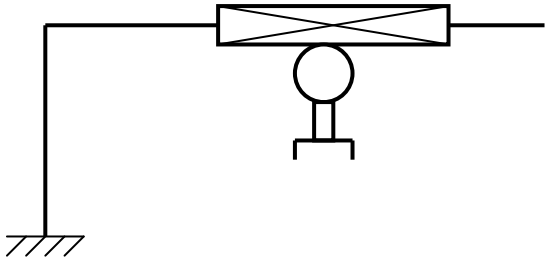


Fig.10.2. Amplasare suspendată a RI – variantă semiportală

- varianta dubluportal

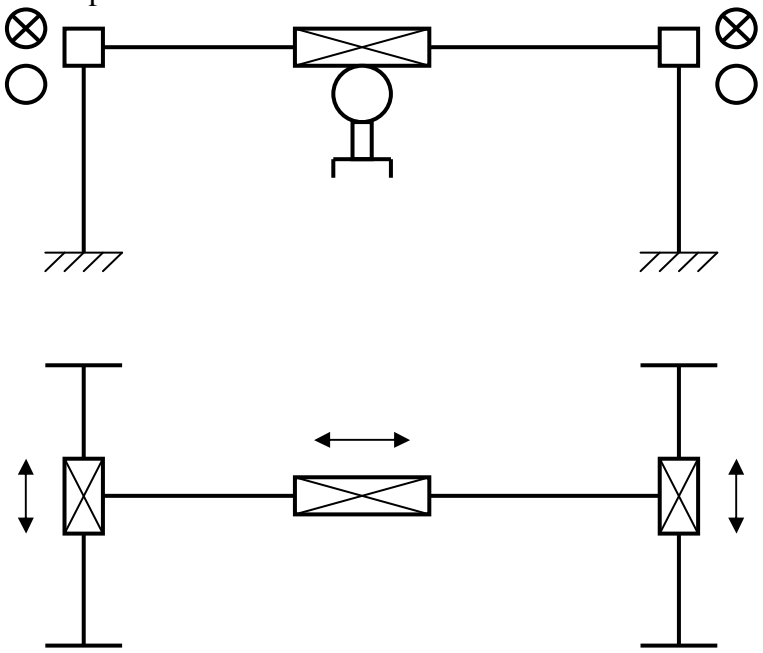


Fig.10.3. Amplasare suspendată a RI - variantă dubluportal

- Varianta de amplasare pe masina de lucru

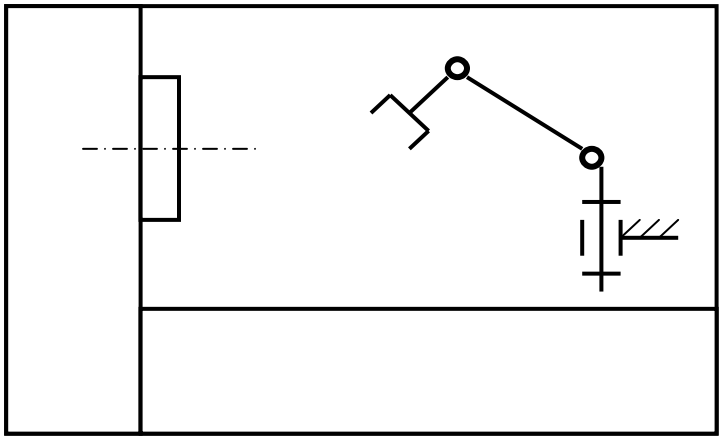


Fig.10.4. Modalitate de amplasare a robotului pe ML

b) pornind de la layout-ul aproximativ existent se alege *spaţiul de lucru* al robotului, atât ca *formă* (din care va rezulta implicit şi structura robotului), cât şi *dimensiunile acestuia* (de unde rezultă cursele de executat, poziţiile punctelor moarte interioare, ale axelor, etc.);
c) se alege *dispozitivul de prehensiune* (DP) – modul cum se mişcă degetele, gama de OL (dimensiuni, forme) ce pot fi prehensate;
d) *viteza generalizată de deplasare* pe fiecare axă;
e) *precizia robotului*;
f) *natura sistemului de conducere* (numărul paşilor din program necesari rezultă din complexitatea procesului de manipulare, capacitatea memoriei, viteza de procesare şi funcţii speciale);
g) *numărul intrărilor/ieşirilor*
h) *corelaţia cu mediul* (exemplu: unui robot ce lucrează în mediu exploziv trebuie să I se asigure protecţie la antiex).

În etapa a treia:

a) se stabileşte capacitatea de producţie a roboţilor în funcţie de programul de fabricaţie al sistemului;
b) se definitivează numărul de roboţi utilizaţi în sistem;
c) se stabileşte poziţia de montare a roboţilor, a instalaţiilor aducătoare/evacuare, a maşinilor de lucru, a dispozitivelor de lucru, etc.

10.2. Arhitectura sistemului de comandă a uni sistem de fabricaţie flexibilă

Deoarece flexibilitatea sistemelor de fabricaţie presupune posibilitatea execuţiei unui număr mare de tipuri de piese în cadrul sistemului, este evidentă necesitatea transferului de informaţii necesare conducerii sistemului într-un timp relativ scurt. S-a dovedit că structura care oferă posibilitatea realizării unor transferuri corespunzătoare de informaţii în timp este cea ierarhizată pe mai multe nivele, corespunzătoare nivelelor de organizare a sistemului de fabricaţie flexibilă.

Prin structura ierarhizată a sistemului de conducere se asigură transmiterea informaţiilor de stare ale sistemului de la nivelele inferioare spre cele superioare şi respectiv a comenzilor pentru acţiuni în sens invers.

Schema de structură a unui astfel de sistem ierarhizat este prezentată în figura 10.5:

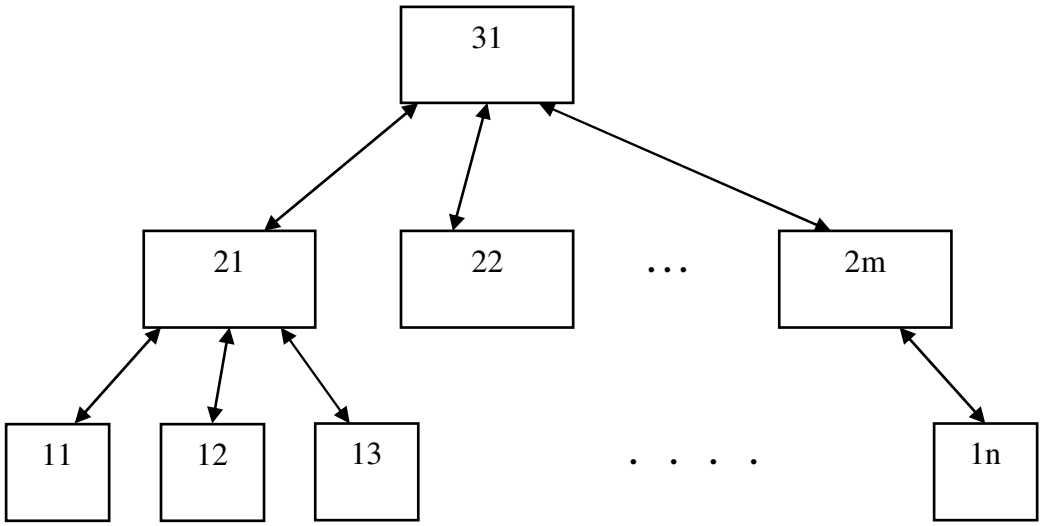


Fig.10.5. Schema de structură a unui sistem ierarhizat

Sistemul de conducere ierarhizat pentru un sistem de fabricaţie flexibilă se prezintă în figura 10.6.

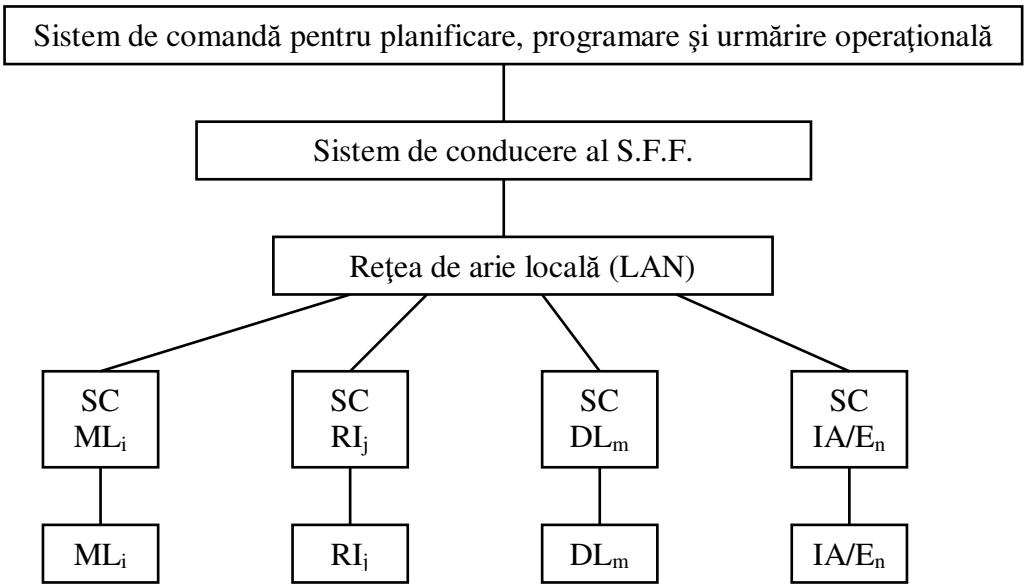


Fig.10.6. Sistemul de conducere ierarhizat pentru un sistem de fabricaţie flexibilă

El conţine sisteme de comandă ale componentelor sistemului de fabricaţie (SC ML_i, cel al maşinilor de lucru 1…i, SC RI_j, cel al roboţilor industriali 1…j, SC DL_m, cel al dispozitivelor de lucru 1…m şi cel al dispozitivelor instalaţiei aducătoare/de evacuare SC IA/E_n, 1…n), integrate informaţional printr-o reţea de calculatoare de arie locală (LAN, "Local Area Network")

În condiţii mai evoluate aceste sisteme nu sunt izolate ci se încadrează în hipersisteme CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Pornindu-se de la definiţia producţiei prin care se înţelege *suma tuturor activităţilor* ce presupune transformări de bunuri materiale sau servicii prin consum de energie şi forţă de muncă (input-uri) în (alte) bunuri materiale sau servicii (output-uri), în scopul satisfacerilor unor cerinţe ale pieţei, rezultă că în cadrul producţiei intră mai multe activităţi amintite în capitolul I.

În cadrul sistemelor CIM toate aceste activităţi sunt integrate cu ajutorul calculatorului. Integrarea CIM se realizează prin cele două fluxuri:

- de *materiale* – mişcările de materiale se realizează într-un flux continuu, comandat de calculator, sensul logic de derulare fiind de la *aprovizionare, depozitare, regăsire* → *fabricaţie* → *vânzare*.

- de *informaţie* – flux ce se referă la tot ansamblul de producţie.

Concepţia pe care se structurează sistemele CIM porneşte de la necesitatea ca în fiecare loc de muncă şi fiecare operator uman să aibe la dispoziţie la momentul oportun energia, materialele şi informaţiile necesare pentru efectuarea activităţii pe care trebuie să o desfăşoare.

Informaţiile se procesează şi se transmit prin intermediul reţelei informaţionale CIM, având la rândul ei o structură ierarhică, având ca şi elemente reţele de arie locală (LAN) afectate fiecărei activităţi ("facilităţi") din cadrul hipersistemului CIM.

Întrebări de autoevaluare

1. Care sunt cele trei etape parcurse pentru alegerea robotului?
2. Explicaţi de ce sarcina utila este primul criteriu de selectie in alegerea robotului.
3. Explicaţi importanţa naturii acţionării robotului în alegerea acestuia.
4. Explicaţi importanţa naturii programării robotului în alegerea acestuia.
5. Care sunt modalitatile de amplasare a robotului?
6. Care sunt cele două fluxuri prin care se realizează integrarea CIM?

Teste grilă

1. Pentru alegerea robotului se parcurg 3 etape. In prima etapa se are in vedere?

a) sarcina utilă, natura acţionării, natura programării

b) capacitatea de producţie a roboţilor, se definitivează numărul de roboţi utilizaţi în sistem, se stabileşte poziţia de montare a roboţilor

c) modalitatea de montare a robotului, dimensiunile acestuia, viteza generalizată de deplasare, precizia robotului, natura sistemului de conducere, numărul intrărilor/ieşirilor

2. Pentru alegerea robotului se parcurg 3 etape. In a II-a etapa se are in vedere?

a) sarcina utilă, natura acţionării, natura programării

b) capacitatea de producţie a roboţilor, se definitivează numărul de roboţi utilizaţi în sistem, se stabileşte poziţia de montare a roboţilor

c) modalitatea de montare a robotului, dimensiunile acestuia, viteza generalizată de deplasare, precizia robotului, natura sistemului de conducere, numărul intrărilor/ieşirilor

3. Pentru alegerea robotului se parcurg 3 etape. In a III-a etapa se are in vedere?

a) sarcina utilă, natura acţionării, natura programării
b) capacitatea de producţie a roboţilor, se definitivează numărul de roboţi utilizaţi în sistem, se stabileşte poziţia de montare a roboţilor
c) modalitatea de montare a robotului, dimensiunile acestuia, viteza generalizată de deplasare, precizia robotului, natura sistemului de conducere, numărul intrărilor/ieşirilor

Soluţii: 1. a 2. c 3. b

Rezumat

Ţinând seama de rolul robotului în cadrul SFF, alegerii lui i se acordă o atenţie sporită faţă de celelalte componente ale sistemului.

Pentru alegerea robotului se parcurg trei etape, fiecare etapă "rafinând" soluţia.

În prima etapă se are în vedere:

a) *sarcina utilă*;
b) *natura acţionării*;
c) *natura programării*.

Ţinându-se cont şi de acesta în cea de-a doua etapă se vor preciza:

a) *modalitatea de montare a robotului*:
b) *spaţiul de lucru* al robotului, atât ca *formă* cât şi *dimensiunile acestuia*;
c) *dispozitivul de prehensiune* (DP);
d) *viteza generalizată de deplasare* pe fiecare axă;
e) *precizia robotului*;
f) *natura sistemului de conducere*;
g) *numărul intrărilor/ieşirilor*
h) *corelaţia cu mediul*.

În etapa a treia:

a) se stabileşte capacitatea de producţie a roboţilor în funcţie de programul de fabricaţie al sistemului;

b) se definitivează numărul de roboţi utilizaţi în sistem;

c) se stabileşte poziţia de montare a roboţilor, a instalaţiilor aducătoare/evacuare, a maşinilor de lucru, a dispozitivelor de lucru, etc.

Deoarece flexibilitatea sistemelor de fabricaţie presupune posibilitatea execuţiei unui număr mare de tipuri de piese în cadrul sistemului, este evidentă necesitatea transferului de informaţii necesare conducerii sistemului într-un timp relativ scurt. S-a dovedit că structura care oferă posibilitatea realizării unor transferuri corespunzătoare de informaţii în timp este cea ierarhizată pe mai multe nivele, corespunzătoare nivelelor de organizare a sistemului de fabricaţie flexibilă.

Bibliografie

37. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
38. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
39. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
40. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 11. SINTEZA PLANULUI DE AMPLASAMENT AL COMPONENTELOR SFF - LAYOUT

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale:

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Soluţiile standard de planuri de amplasament utilizate pentru SFF.
- Realizarea sintezei planului de amplasament.

***Cuvinte cheie*:**

Plan de amplasament - layout.

Cuprinsul Modului:

11.1 Introducere

11.2. Soluţii tipice de layout al sistemelor de fabricaţie flexibilă în care robotul manipulează OL

11.3. Soluţii tipice de layout al SFF în care robotul manipulează sculă sau cap de forţă cu sculă

11.4. Layout al unui sistem pentru operaţii de paletizare/depaletizare

11.5. Realizarea sintezei layout

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

11.1 Introducere

Definiţie. Planul de amplasament (layout) realizează corelarea subsistemelor SFF din punct de vedere al situării lor relative în spaţiu.

Definiţie. Spaţiul de lucru se defineşte ca fiind mulţimea poziţiilor pe care le poate ocupa punctul caracteristic al obiectului de lucru OL în timpul manipulării sau prelucrării sale.

Fiecărei componente a sistemului i se ataşează un spaţiu de lucru.

Definiţie. Spaţiul de coliziune se defineşte ca fiind mulţimea poziţiilor care le pot ocupa punctele materiale ale OL şi ale componentelor SFF în decursul unui ciclu de funcţionare.

Definiţie. Spaţiul de coliziune instantaneu (la un moment dat)este mulţimea poziţiilor ocupate de punctele materiale ale OL şi ale componentelor SFF la timpul considerat.

Sinteza layout-ului se realizează ţinând cont de următoarele reguli fundamentale de întocmire:

1. Spaţiile de lucru ale subsistemelor între care se realizează trecere de flux de materiale trebuie să se intersecteze;
2. Spaţiile de coliziune instantanee ale subsistemelor SFF nu trebuie să se intersecteze;
3. Lungimea traiectoriei descrise de punctul caracteristic al OL în sistem trebuie să fie minimă;
4. Cu respectarea primelor trei reguli, se va alege acel plan de amplasament care să asigure lungimi minime ale conductorilor/conductelor prin care se vehiculează fluxul energetic şi fluxul de informaţie.

În unele cazuri există prescripţii speciale pentru lungimi (spre ex. distanţa la care se amplasează sistemul de comandă de robot).

5. Componentele sistemului de fabricaţie nu trebuie să se influenţeze reciproc, din punct de vedere al efectelor mediului. (de ex: la SFF în domenii de prelucrare la cald);
6. Între componentele în mişcare relativă trebuie să se asigure distanţe care să împiedice accidentări prin strivirea operatorilor umani.

11.2. Soluţii tipice de layout al sistemelor de fabricaţie flexibilă în care robotul manipulează OL

Modalităţile de dispunere ale componentelor SFF permit câteva soluţii tipice:

A – RI serveşte o singură ML (monoservire);

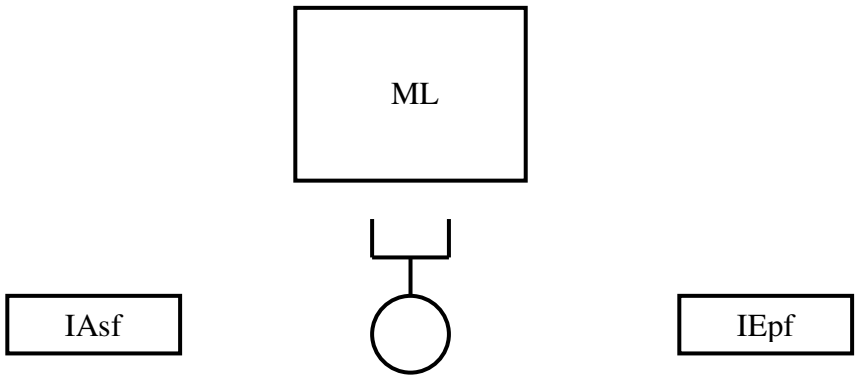


Fig.11.1. Layout în care RI deserveşte o singură maşină de lucru

(IA_{sf} instalaţie aducătoare de semifabricate, IE_{pf} instalaţie de evacuare a pieselor finite)

B – RI serveşte mai multe ML din cadrul SFF (poliservire)

1. ML sunt dispuse pe o linie (RI este amplasat fie pe un ghidaj lung, fie pe un robocar);

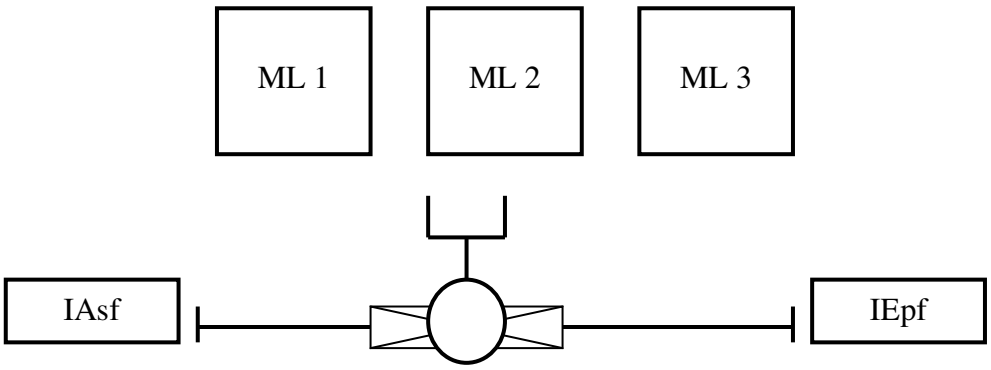


Fig.11.2. Layoutul unui SFF în care un robot deserveşte trei ML dispuse pe o linie

2. ML sunt dispuse pe două linii

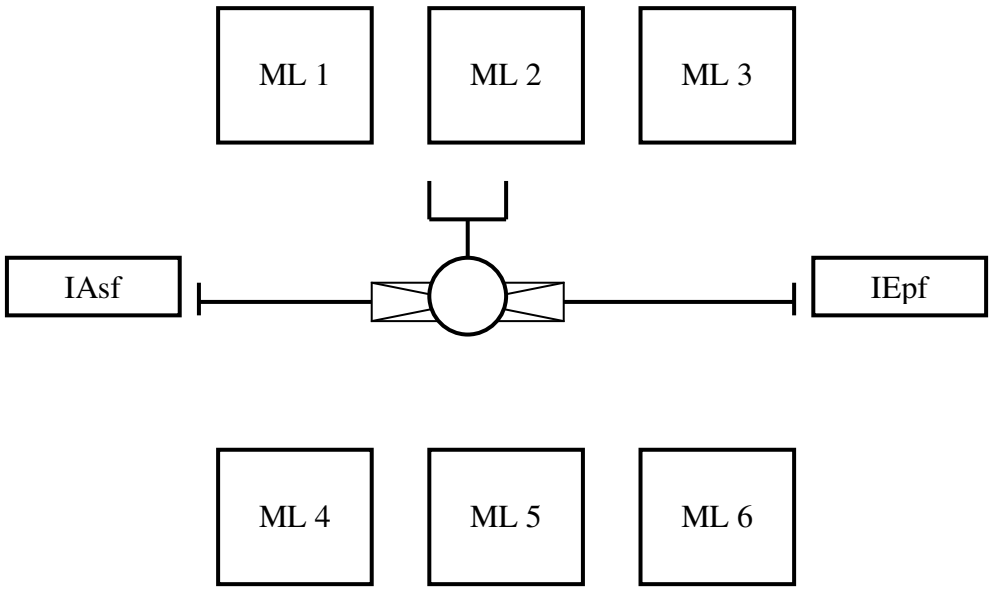


Fig.11.3. Layoutul unui SFF în care un robot deserveşte ML dispuse pe două linii

C - Componentele SFF sunt dispuse în cerc, în jurul RI care este fix.

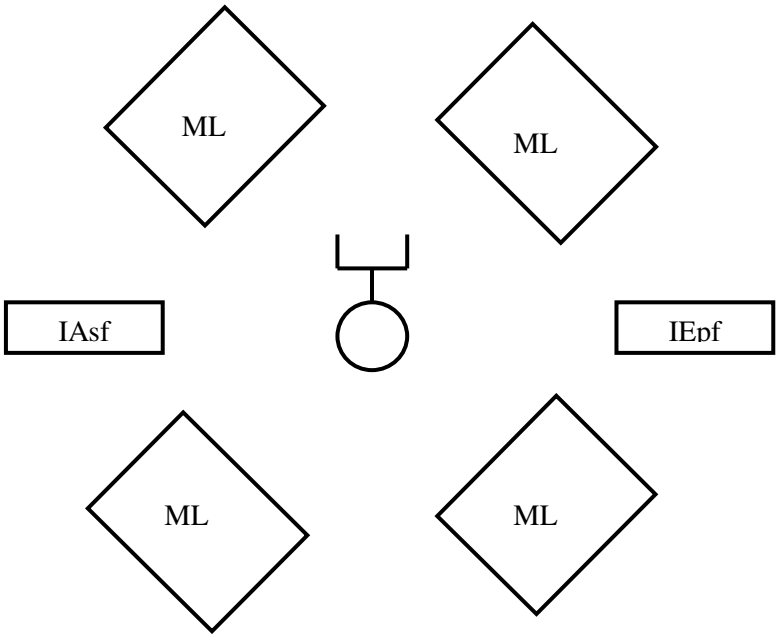


Fig.11.4. Layoutul unui SFF în care un robot deserveşte patru ML dispuse în cerc în jurul acestuia

11.3. Soluţii tipice de layout al SFF în care robotul manipulează sculă sau cap de forţă cu sculă

1) Utilizează o masă bipoziţională prevăzută cu două dispozitive de lucru DL1, respectiv DL2; RI prelucrează OL_1, apoi masa bipoziţională se roteşte cu 180^o; RI prelucrează OL_2 fixat în DL_2, iar operatorul uman extrage OL_1 din DL_1, înlocuindu-l cu OL_3; masa bipoz; masa bipoziţională se roteşte din nou cu 180^o, se prelucrează OL_2, OU extrage OL_2 din DL_2, etc.

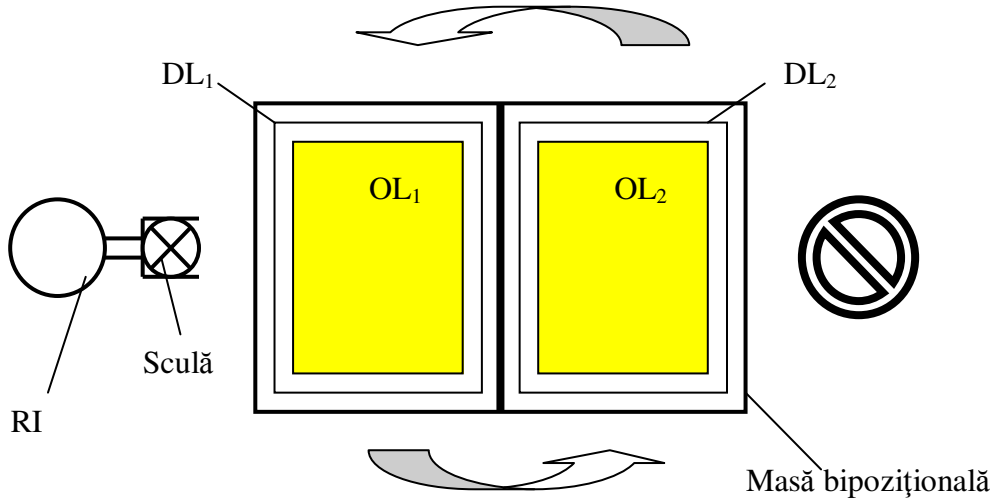


Fig.11.5.Layoutul unui SFF în care RI manipulează sculă deservind o masă bipoziţională

2) RI ce manipulează scula se află montat pe un VGA şi prelucrează un OL de dimensiuni mari (autobuz, avion, navă, etc.)

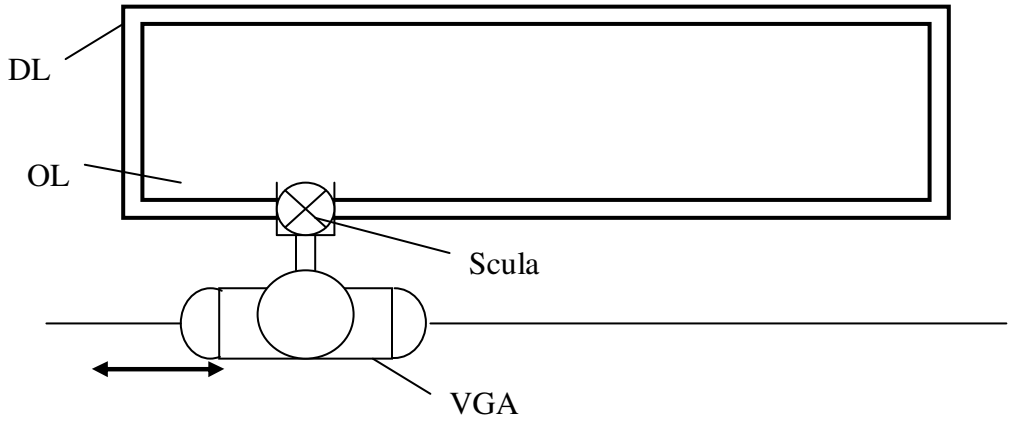


Fig.11.6. Layoutul unui sistem în care un robot prelucrează un OL de dimensiuni mari, manipulează sculă şi se află montat pe un VGA

3) RI ce lucrează la două posturi de lucru, astfel încât în timpul în care RI prelucrează OL1 amplasat pe DL1 montat pe masa M1, operatorul uman OU va instala în DL2 de pe masa M2obiectul de lucru OL2; după încheierea prelucrării OL1, robotul trece la prelucrarea OL2, iar OU trece la masa M1 şi scoate OL1 din DL1, instalând în loc OL3, etc.

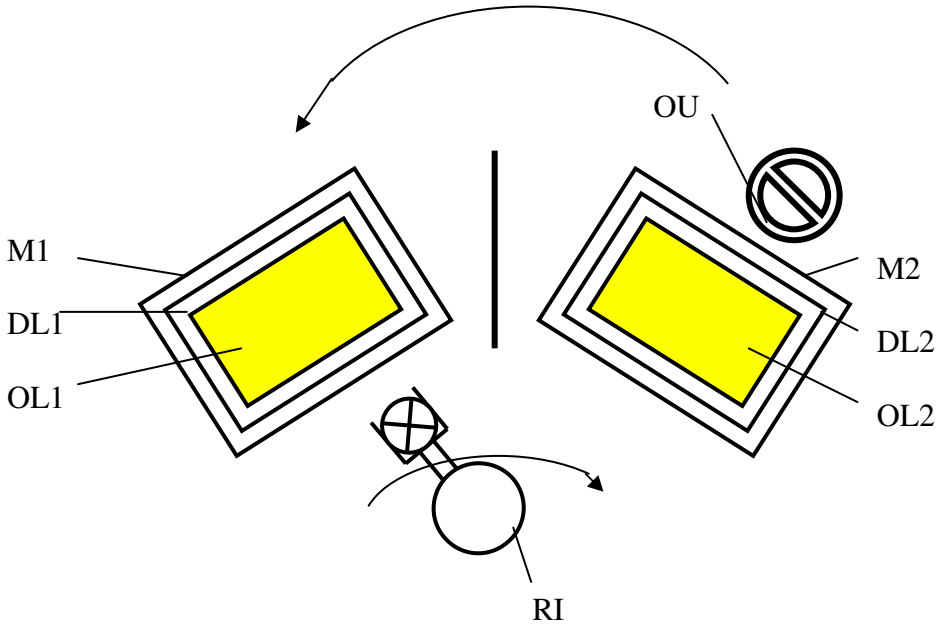


Fig.11.7. Layoutul unui SFF în care RI prelucrează succesiv OL instalate în DL aflate pe două mese

4) Dispozitivele de lucru în care sunt instalate obiectele de lucru se găsesc montate pe un conveior, care le aduce succesiv în dreptul RI care le va prelucra;

Sistemul poate conţine mai mulţi roboţi, aşezaţi în lungul conveiorului (pe o parte sau pe ambele).

În acest caz, fiecărui robot îi corespunde un post de lucru în care se execută operaţii de prelucrare asupra fiecărui OL; operaţiile de prelucrare se succed odată cu avansul cu un pas al conveiorului.

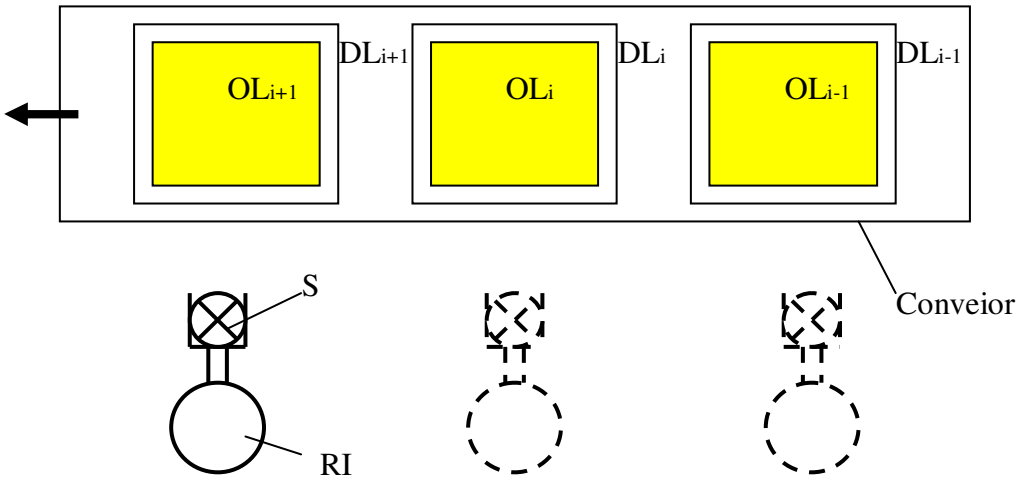


Fig.11.8. Layoutul unui sistem în care RI este imobil în postul de lucru, iar DL împreună cu OL înaintează succesiv cu câte un pas

5) RI montat pe un VGA prelucrează succesiv mai multe OL instalate în DL;

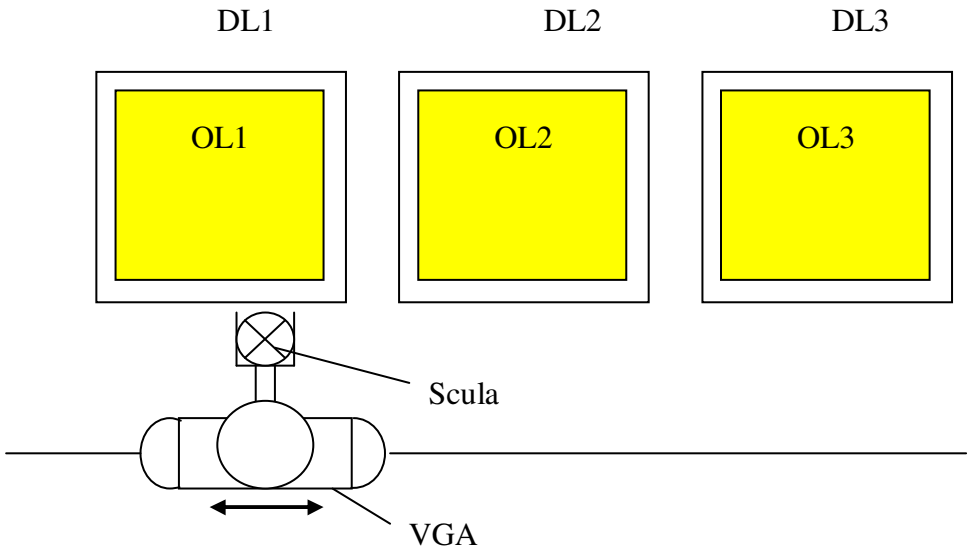


Fig.11.9. Layoutul unui SFF în care RI montat pe un VGA prelucrează succesiv mai multe OL

11.4. Layout al unui sistem pentru operaţii de paletizare/depaletizare

În cadrul sistemului din figura 11.9, un conveior aduce doua categorii de obiecte de lucru Ol1 şi Ol2. Forma şi poziţiile obiectelor de lucru este recunoscută de sistemul de comandă pe baza informaţiilor furnizate de un senzor vizual. RI preia obiectele de lucru de pe conveior şi

aşează OL1 într-un locaş de pe paleta P1, iar Ol2 într-un locaş pe paleta P2 (paletizare). Operaţia de depaletizare se desfăşoară invers: RI descarcă paletele, depunând OL pe conveior.

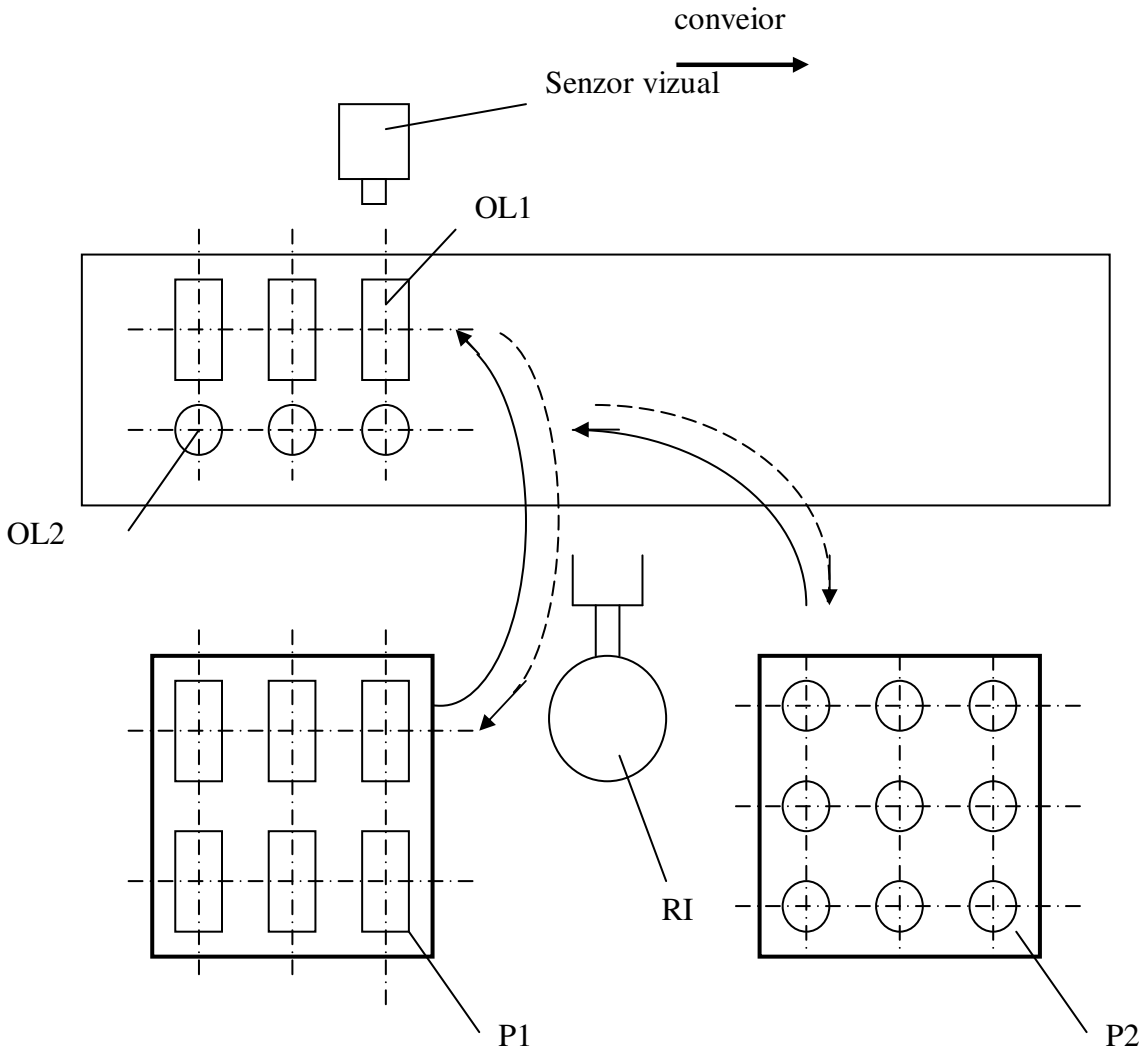


Fig.11.10. Layoutul unui sistem în care RI utilizat pentru operaţii de paletizare / depaletizare

11.5. Realizarea sintezei layout

În figura 11.11. se prezintă ordinograma alegerii layout-ului sistemelor de fabricaţie flexibilă.

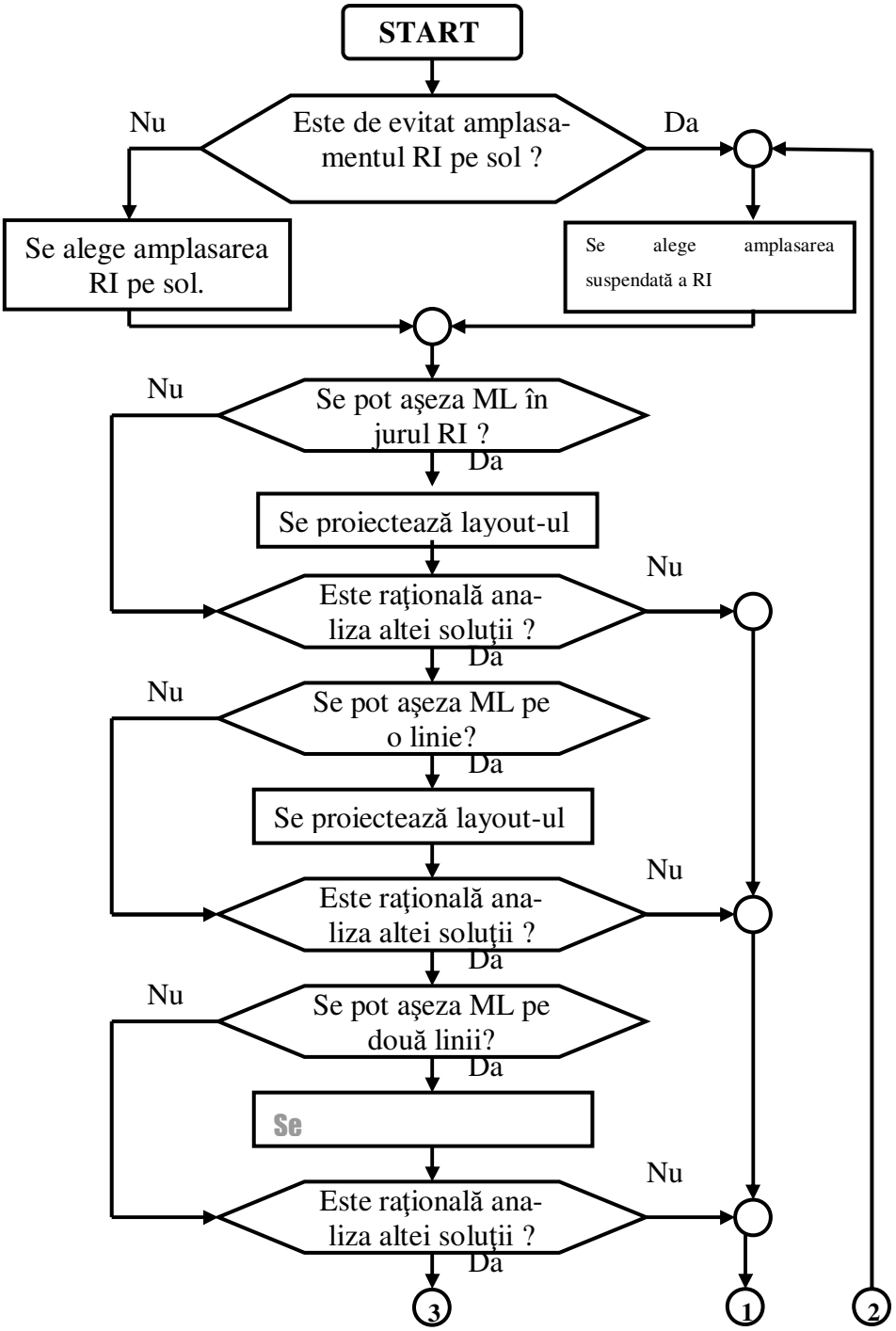


Fig.11.11. Ordinograma de sinteză a alegerii layout-ului sistemelor de fabricaţie flexibilă

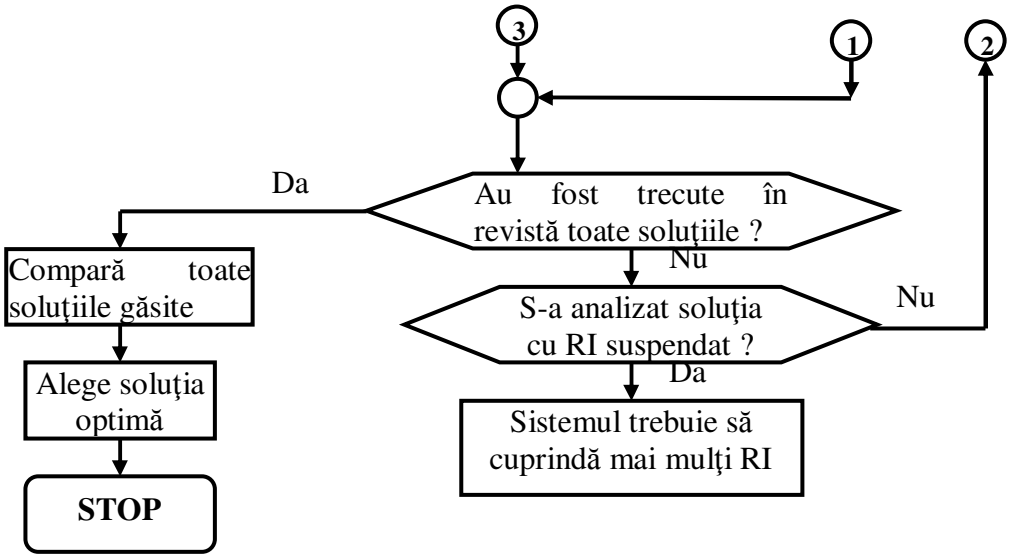


Fig.11.11. Ordinograma de sinteză a alegerii layout-ului sistemelor de fabricaţie flexibilă – continuare -

Pentru exemplificarea modului în care se utilizează regulile sintezei layout prezentate în subcapitolul 11.1, se consideră planul de amplasament al unei celule de fabricaţie flexibilă, în cadrul căreia subsistemele componente sunt următoarele:

- strung (S);
- polizor (Po);
- instalaţia aducătoare/de evacuare (paletă);.
- RI cu MGT de structură RTT (figura 11.12).

În prima fază se marchează poziţiile în care trebuie să ajungă punctul caracteristic al robotului pentru a realiza sarcina de manipulare impusă, în figura 11.12 – 1, 2, 3.

Sunt necesare două vederi pentru a putea fixa poziţiile relative ale componentelor sistemului. Fiecărei componente a sistemului i se ataşează un sistem de referinţă triortogonal drept (S, Po, P, R).

Dacă R_{max} este extensia maximă a braţului robotului, atunci zona în care se poate amplasa originea sistemului de referinţă ataşat robotului este delimitată de trei arce de cerc de rază R_{max} cu centrele în punctele 1,2 respectiv 3. În interiorul acestei zone se trasează un caroiaj având pasul constant. Originea sistemului de referinţă ataşat RI se va amplasa succesiv în punctele de intersecţie ale liniilor caroiajului.

Pentru fiecare variantă se va verifica îndeplinirea celorlalte cinci reguli fundamentale de realizare a layout-ului unui sistem.

Se vor utiliza programe specializate, care permit modelarea tridimensională a componentelor sistemului de fabricaţie şi simularea funcţionării SFF.

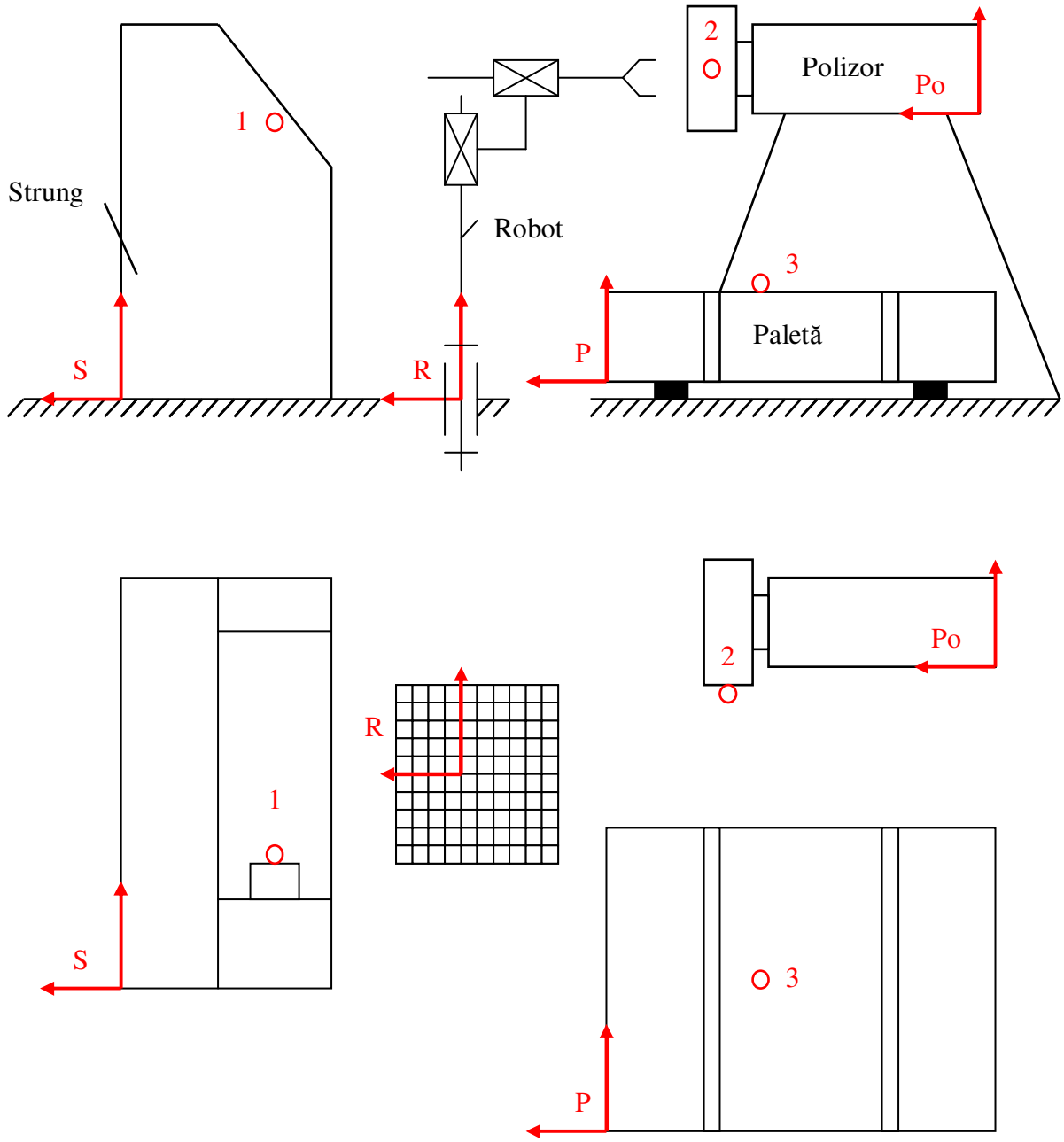


Fig.11.12. Modalitatea de amplasare a unui robot RTT
în cadrul unui sistem de fabricaţie flexibilă

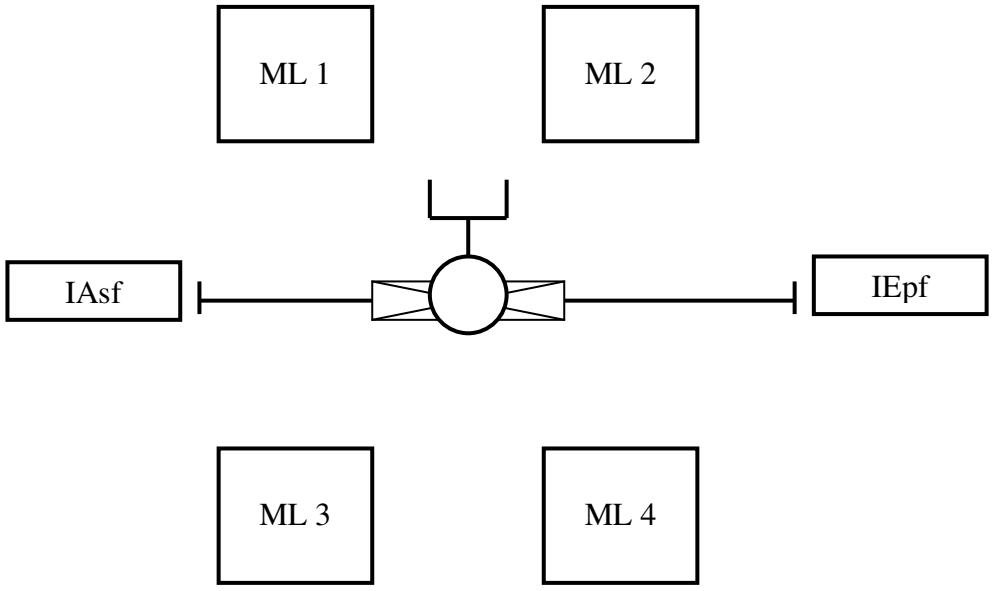
La realizarea layout-ului unui sistem de fabricaţie flexibilă este necesar a se ţine seama de legislaţia în vigoare referitoare la normele de protecţia muncii specifice fiecărui sector de activitate pentru care se realizează planul de amplasament.

Întrebări de autoevaluare

1. Ce este planul de amplasament?
2. Ce este spaţiul de lucru?
3. Ce este spaţiu de coliziune?
4. Ce este spaţiul de coliziune instantaneu?
5. Care sunt regulile de întocmire a layout-ului?

Probleme rezolvate

1. Să se realizeze planul de amplasament pentru un SFF care conţine patru maşini de lucru, un robot , o instalaţie aducătoare semifabricat şi o instalaţie de evacuare piesă finită.



Rezumat

Definiţie. Planul de amplasament (layout) realizează corelarea subsistemelor SFF din punct de vedere al situării lor relative în spaţiu.

Definiţie. Spaţiul de lucru se defineşte ca fiind mulţimea poziţiilor pe care le poate ocupa punctul caracteristic al obiectului de lucru OL în timpul manipulării sau prelucrării sale.

Fiecărei componente a sistemului i se ataşează un spaţiu de lucru.

Definiţie. Spaţiul de coliziune se defineşte ca fiind mulţimea poziţiilor care le pot ocupa punctele materiale ale OL şi ale componentelor SFF în decursul unui ciclu de funcţionare.

Definiţie. Spaţiul de coliziune instantaneu (la un moment dat)este mulţimea poziţiilor ocupate de punctele materiale ale OL şi ale componentelor SFF la timpul considerat.

Sinteza layout-ului se realizează ţinând cont de următoarele reguli fundamentale de întocmire:

1. Spaţiile de lucru ale subsistemelor între care se realizează trecere de flux de materiale trebuie să se intersecteze;
2. Spaţiile de coliziune instantanee ale subsistemelor SFF nu trebuie să se intersecteze;
3. Lungimea traiectoriei descrise de punctul caracteristic al OL în sistem trebuie să fie minimă;
4. Cu respectarea primelor trei reguli, se va alege acel plan de amplasament care să asigure lungimi minime ale conductorilor/conductelor prin care se vehiculează fluxul energetic şi fluxul de informaţie.

În unele cazuri există prescripţii speciale pentru lungimi (spre ex. distanţa la care se amplasează sistemul de comandă de robot).

5. Componentele sistemului de fabricaţie nu trebuie să se influenţeze reciproc, din punct de vedere al efectelor mediului. (de ex: la SFF în domenii de prelucrare la cald);
6. Între componentele în mişcare relativă trebuie să se asigure distanţe care să împiedice accidentări prin strivirea operatorilor umani.

Bibliografie

41. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
42. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
43. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
44. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 12. SINTEZA CICLOGRAMEI SISTEMELOR DE FABRICAŢIE FLEXIBILĂ

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Ce este o cliclogramă
- Modul de realizare a unei ciclograme.
- Ce este interblocarea.
- Modul de realizare a unei ciclograme cu precizarea interblocărilor.

***Cuvinte cheie*:**

Ciclogramă, interblocare.

Cuprinsul Modului:

12.1. Introducere

12.2. Exemple de întocmire a ciclogramei a unor sisteme de fabricaţie flexibilă.

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

12.1. Introducere

Definiţie. Se înţelege prin *ciclogramă* o diagramă unidimensională în timp, care pune în evidenţă intervalele de timp de mişcare, respectiv repaus ca şi momentele de trecere de la repaus la mişcare şi invers. Ciclograma se deduce din legile de mişcare a sistemului studiat.

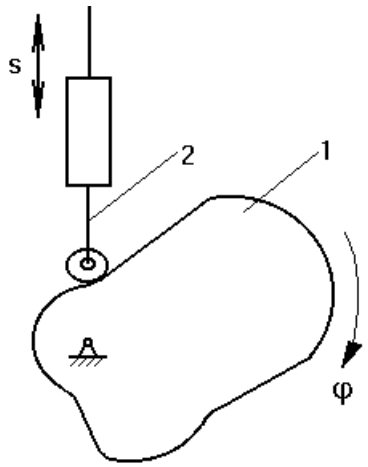


Fig.12.1.

Pentru exemplificare se consideră un mecanism camă rotitoare-tachet în mişcare de translaţie.

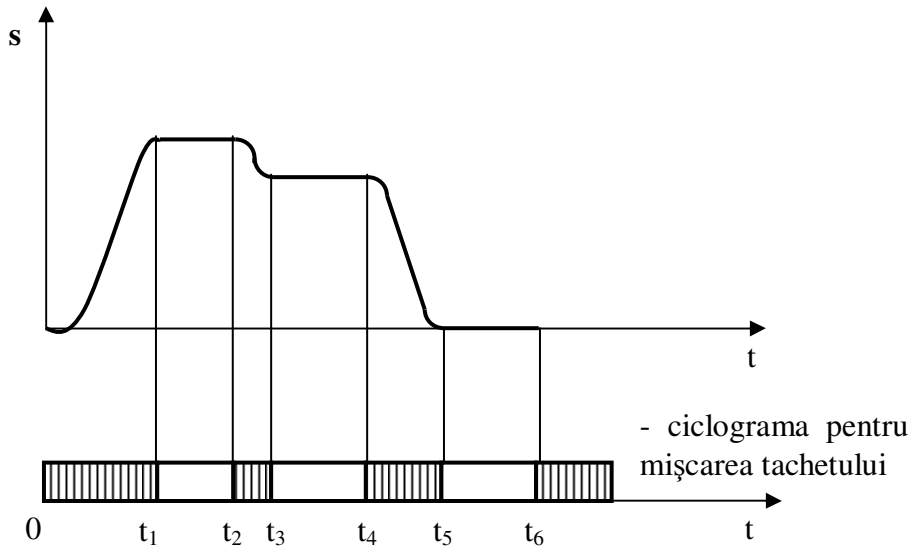


Fig.12.2. Ciclograma pentru mişcarea tachetului

Legea de mişcare s = s(φ) reprezentată în figura 12.2.a evidenţiază stările de mişcare-

staţionare a tachetului. Proiectând punctele de trecere de la o stare la alta pe axa timpului se obţine ciclograma din figura 12.2.b.

Pentru sistemele de fabricaţie flexibilă ciclogramele se întocmesc ierarhizat pentru fiecare componentă a subsistemului, după care pentru întregul sistem.

Ordinea de întocmire a ciclogramelor este: de la sistemele de nivel inferior spre cele de nivel superior (subsistem – sistem - metasistem).

Este evident că pentru întocmirea ciclogramelor atât pentru componentele susbsistemului de prelucrare, cât şi pentru componentele subsistemului de manipulare se impune determinarea timpilor de prelucrare pornind de la itinerarul tehnologic şi regimuri de prelucrare şi respectiv a timpilor de manipulare pornind de la deplasările de efectuat şi vitezele cu care se realizează aceste deplasări.

Pentru determinarea timpilor de manipulare este necesară o prealabilă întocmire a layout-ului (planului de amplasament) al sistemului de fabricaţie flexibil, din care rezultă lungimile deplasărilor de realizat pentru manipularea obiectului de lucru (sculei).

12.2. Exemple de întocmire a ciclogramei a unor sisteme de fabricaţie flexibilă

Se consideră o celulă de fabricaţie flexibilă constituită dintr-un robot industrial RI având mecanismul generator de traiectorie de tip TRT (având cuplele conducătoare A, B, C) cu o posibilitate suplimentară de rotaţie dată de cupla D şi prevăzut cu un modul de micromişare MM în vederea introducerii/scoaterii facile a obiectului de lucru în/din dispozitivul de lucru al strungului, un strung SP, instalaţia de evacuare a deşeului de la strung IE_d, instalaţia aducătoare de semifabricate IA_{sf}, respectiv instalaţie de evacuare a piesei finite IE_{pf}.

Se presupune că layout-ul sistemului de fabricaţie a fost conceput conform figurii.12.3. Pe instalaţia aducătoare de semifabricate câte şase semifabricate sunt aduse aşezate pe câte o paletă – fixată pe banda dispozitivului de transfer. Indicele exponenţial ^{1} ataşat punctelor 2, 3, 4, 16, 17 şi 18 se referă la poziţiile corespunzătoare piesei cu numărul 1 din cele şase aflate pe paletă.

Prima etapă a întocmirii ciclogramei este stabilirea succesiunii logice a secvenţelor mişcărilor.

A doua etapă constă dintr-o primă aproximare a traiectoriei punctului caracteristic al obiectului manipulat.

Se presupune că programul de lucru al robotului este unul secvenţial –realizarea mişcărilor relative ale elementelor cuplelor cinematice conducătoare se face succesiv după cele trei cuple cinematice ale MGT A,B,C)

Secvenţele de executat sunt următoarele:

- 0-1: aducerea paletei cu semifabricatele de către IA_{sf} în poziţia de preluare a OL de către RI; timpul t_{01} de transfer a paletei din punctul 0 în punctul 1 este dat de raportul dintre distanţa dintre punctul 0 şi respectiv 1 şi viteza dispozitivului de transfer:

$$t_{01} = \frac{\overline{01}}{v_{01}} \tag{12.1}$$

- $1\text{-}2^1$: apropierea efectorului final al robotului în poziţia de prehensare 2^1 a semifabricatului 1 – mişcarea efectuându-se printr-o extensie a braţului, prin mişcarea relativă a elementelor cuplei cuplei C;
- $2^1\text{-}3^1$: apucarea OL de către DP (dispozitivul de prehensiune al RI);
- $3^1\text{-}4^1$: scoaterea semifabricatului 1 din locaşul său – mişcarea se efectuează de către cupla A;
- 4^1-5: retragerea braţului de către cupla C (timpul de deplasare se calculează ţinând cont de distanţa dintre punctele 4^1 şi respectiv 5 şi viteza de deplasare relativă a elementelor cuplei C a RI);
- 5-5': coborârea OL de către cupla A;
- 5'-5": rotaţie cu 90^0 prin acţiunea cuplei B;
- 5''-6: rotaţie cu 90^0 efectuată de cupla D în vederea alinierii axei semifabricatului cu axa strungului;
- 6-7: extensia braţului de către cupla C până la poziţionarea semifabricatului în dreptul vârfurilor de prindere ale strungului SP;
- 7-8: avansul modulului de micromişcare al DP robotului;
- 8-8': fixarea OL prin deplasarea vârfului mobil al SP;
- 8'-9: eliberarea OL de către DP al RI;
- 9-10: retragerea braţului prin acţionarea cuplei C a RI;
- 10-10': prelucrarea piesei de către SP (timpul de prelucrare este dat de duratele fazelor corespunzătoare operaţiei de realizat pe SP şi de regimul de aşchiere impus);

- 10’-11: apropierea braţului robotului prin acţionarea cuplei C a RI, în vederea apucării OL;

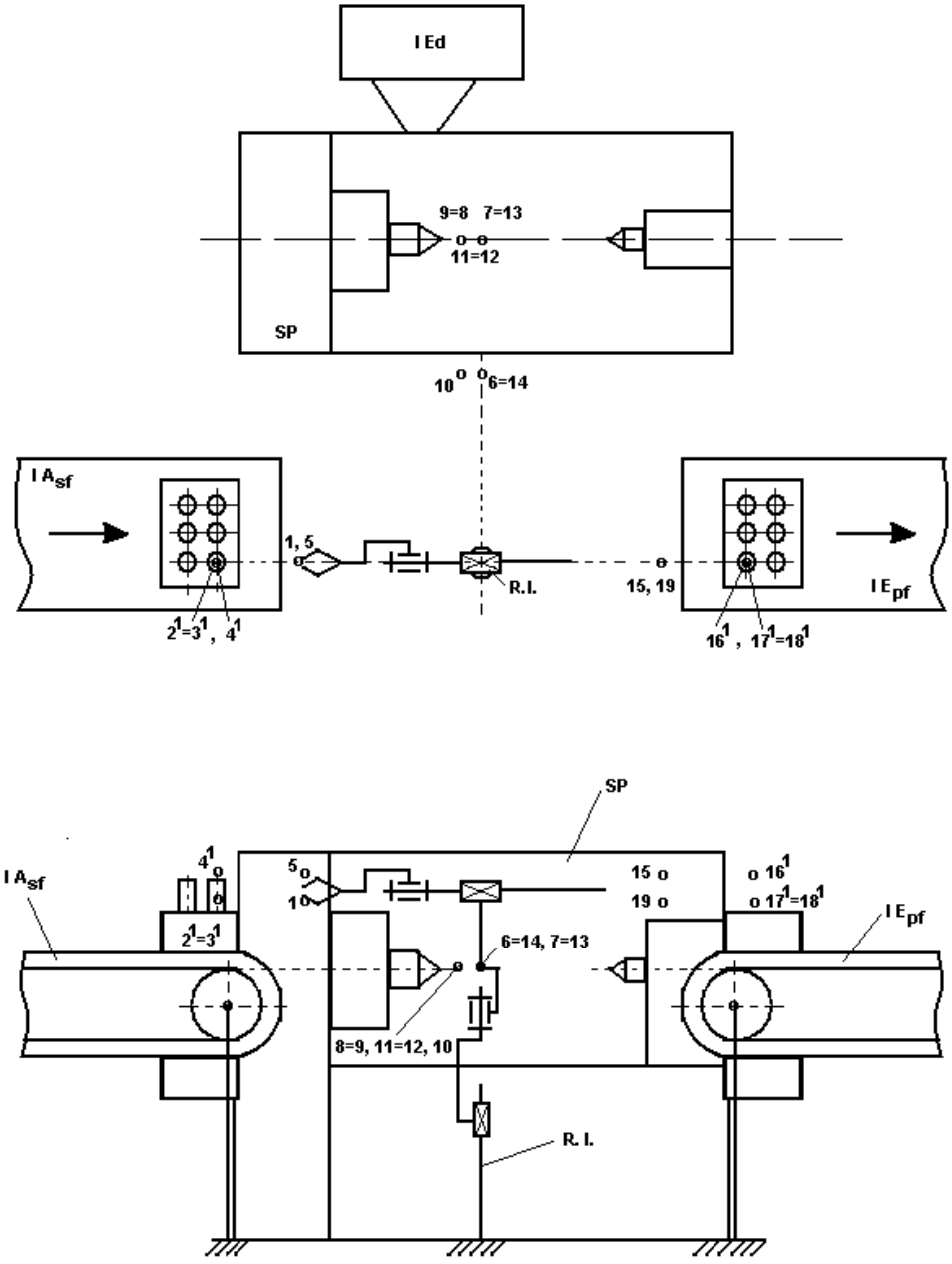


Fig.12.3. Planul de amplasament al unui sistem de fabricaţie
în care RI serveşte un strung

- 11-12: prehensarea OL de către DP al RI;
- 12-12': eliberarea OL dintre vârfurile SP;
- 12'-13: retragerea modulului de micromişcare al robotului;
- 13-14: retragerea braţului robotului prin acţiunea cuplei C;
- 14-14': aducerea OL cu axa de simetrie în poziţie verticală – rotaţie prin acţiunea cuplei D;
- 14'-14": rotaţie prin acţiunea cuplei B a RI;
- 14''-15: ridicarea OL prin acţionarea cuplei A a RI;
- 15-16[1]: extensia braţului prin acţiunea cuplei C în vederea poziţionării OL pe paleta de pe IE_{pf};
- 16[1]-17[1]: introducerea piesei finite 1 în locaşul corespunzător prin deplasarea după axa A;
- 17[1]-18[1]: eliberarea OL de către DP al RI;
- 18[1]-19: retragerea braţului prin acţiunea cuplei C a robotului;
- 19-20: revenirea punctului caracteristic al robotului în poziţia iniţială 1.

După ce au fost prelucrate toate cele şase semifabricate ultima secvenţă a ciclului va fi cea de evacuare a paletei cu piese finite de către instalaţia de evacuare IE_{pf}.

Ciclograma sistemului este reprezentată în figura 11.4. Se observă că secvenţele de lucru ale cuplelor A, B, C, respectiv D împreună cu cele ale DP şi ale modulului de micromişcare MM cumulate dau secvenţele de lucru ale RI.

Cumularea secvenţelor de lucru ale RI, IA şi respectiv ale IE vor da în final secvenţele de lucru ale subsistemului de manipulare SSM al S.F.F.

Deoarece în celula de fabricaţie considerată există doar o maşină de prelucrare (strungul SP) este evident că secvenţele de lucru ale acestuia se suprapun perfect peste cele ale subsistemului de prelucrare SSP al S.F.F.

În final, cumularea secvenţelor de lucru ale SSM cu cele ale SSP vor da secvenţa de lucru a S.F.F. (se observă că nu există interval de timp în care nici un subsistem din componenţa S.F.F. să nu se afle în lucru).

Dacă comanda RI nu se face secvenţial ci punct cu punct (PTP) mişcările relative ale elementelor celor trei cuple se suprapun. În cazul discutat mişcările ce urmează a se suprapune sunt 5-5', 5'-5", 5"-6, respectiv 14-14', 14'-14" şi 14"-15.

În acest caz apare o suprapunere de timpi în secvenţele 5-5', 5'-5" şi 5"-6 astfel încât timpul t_{56} va fi dat de relaţia $t_{56} = \max(t_{55'}, t_{5'5"}, t_{5"6})$.

Calculul timpului de prelucrare a unei piese din SFF se face în două cazuri şi anume:

a) Dacă obiectele de lucru sunt aduse una câte una de Iasf şi evacuate tot la fel şi dacă se consideră $t_{i,i+1}$ timpul pentru o secvenţă executată conform ciclogramei SFF corespunzător, atunci timpul de parcurgere pentru un OL a întregului ciclu este dat de:

$$T = \sum_{i=0}^{n} t_{i,i+1} \tag{12.2}$$

b) În cazul în care obiectele de prelucrat sunt aduse în loturi de câte "k" bucăţi pe o paletă de către IA_{sf} relaţiile de mai sus se modifică după cum urmează:

- timpul total de parcurgere al unui ciclu de către un OL este dat de:

$$T = \frac{\left(t_{IAsf} + t_{IEpf}\right)}{k} + \sum_{i=1}^{n} t_{i,i+1} \tag{12.3}$$

unde: t_{IAsf}, respectiv t_{IEpf} reprezintă timpii de aducere/evacuare a paletei cu obiecte de lucru;

$t_{i,i+1}$ timpii pentru o secvenţă conform ciclogramei specifice.

Dacă se ţine însă cont de faptul că unele secvenţe ale prelucrării/manipulării unui OL se suprapun peste alte secvenţe de prelucrare/manipulare ale altui OL, se notează cu *T'* timpul de suprapunere efectivă între două OL ce se prelucrează succesiv, atunci cadenţa de ieşire din sistem a OL este dată de:

$$f = \frac{1}{T^*} = \frac{1}{T - T'} \tag{12.4}$$

Timpul de lucru al SFF în cazul unui lot de *n* piese (de la intrarea primei piese şi până la ieşirea ultimei piese din SFF) este dat de relaţia:

$$T_n = (n-1) \cdot T^* = (n-1) \cdot (T - T') \tag{12.5}$$

În consecinţă numărul OL ce trec prin sistem într-un schimb în care se presupune că se prelucrează un lot de n piese (după care acel tip de OL nu se mai prelucrează) este dat de:

$$n_{OL} = \frac{8 \cdot 3600}{T_n} \tag{12.6}$$

Definiţie. Se înţelege prin *interblocare* condiţionarea logică a începerii, respectiv sfârşitului mişcării unei componente (subsistem), de începerea sau sfârşitul mişcării altei componente sau realizării/nerealizării unei anumite stări exterioare.

Comenzile pentru începerea sau sfârşitul unei mişcări sunt emise de către sistemul de comandă al RI sau de cel al S.F.F.

Din condiţionarea logică a începerii, respectiv sfârşitului mişcării componentelor subsistemului, de începerea sau sfârşitul mişcării altei componente sau realizării/nerealizării unei anumite stări exterioare, rezultă o ordinogramă specifică sistemului de fabricaţie.

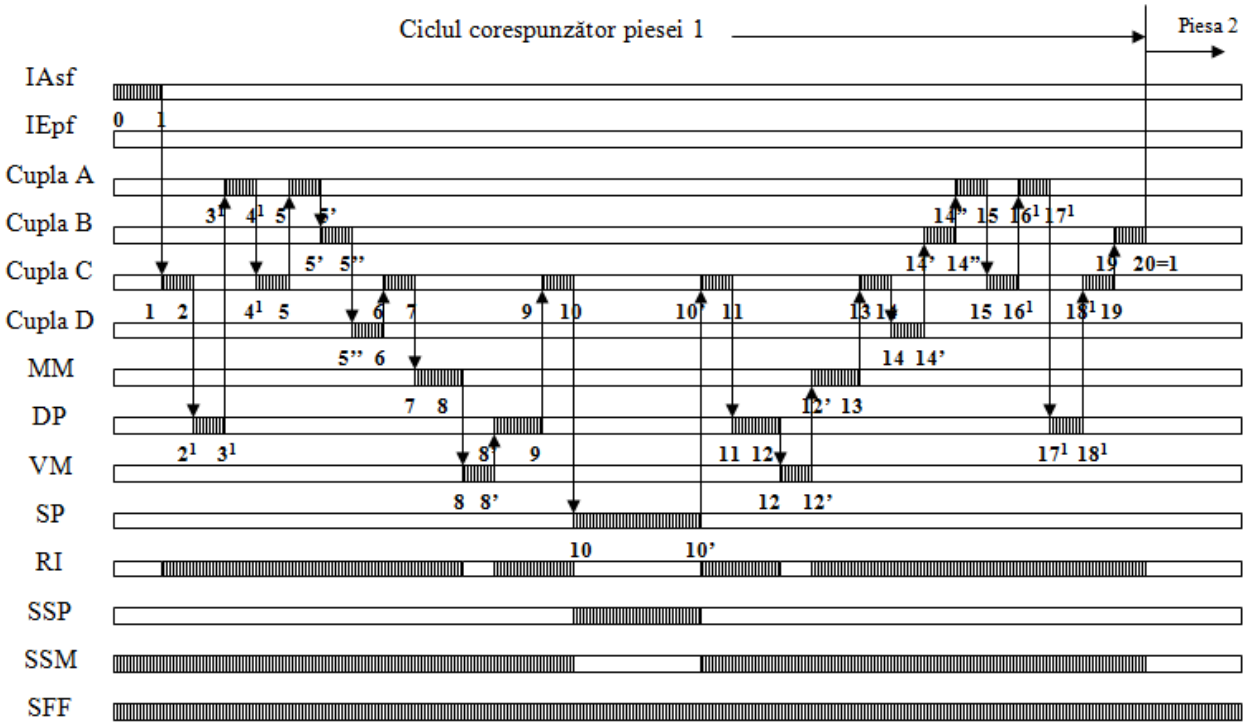


Fig.12.4. Ciclograma sistemului de fabricaţie prezentat în figura 12.3

În ordinogramă sunt înscrise anumite trepte de decizie de forma prezentată în figura 12.5:

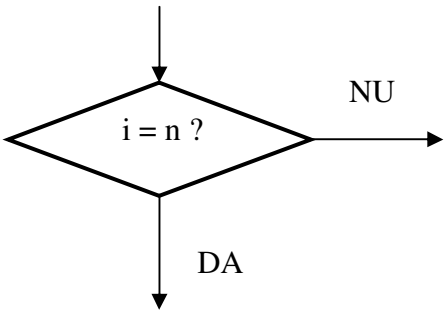


Fig.12.5.

Deciziile se referă sau la realizarea/nerealizarea unei anumite stări exterioare sau la începerea/sfârşitul mişcării unei componente a sistemului de fabricaţie şi se iau în mod automat pe baza semnalelor furnizate de către senzori şi traductoare.

Pentru exemplificare se consideră o secvenţă de lucru din cadrul unui S.F.F. în care un

robot (utilizând doar o cuplă C - extensie braţ) alimentează o maşină de lucru ML (strung), în care piesa va fi fixată prin deplasarea păpuşii mobile a maşinii de lucru. Maşina de lucru se consideră a fi prevăzută cu un oblon de protecţie (figura 12.6).

În cadrul sistemului sunt amplasaţi patru senzori, după cum urmează:

- senzorul S_1, urmăreşte poziţia vârfului mobil al ML;
- senzorul S_2 de existenţă, urmăreşte existenţa sau inexistenţa OL în DP al RI;
- senzorul S_3 de existenţă, este un microîntrerupător ce sesizează dacă oblonul este închis;
- senzorul S_4 de existenţă, este un microîntrerupător ce sesizează dacă oblonul este deschis.

Procedând ca şi în exemplul anterior, secvenţele de urmat sunt:

- 1-3: extensia braţului se face până în apropierea DP de ML;
- 2-3: deschiderea oblonului – s-a optat pentru o suprapunere a secvenţelor de deschidere a oblonului peste secvenţa de extensie a braţului prin acţiunea cuplei C (după cum se observă din ciclogramă);
- 3'-4: continuarea extensiei braţului (C) – mişcarea continuă (începe) doar după ce senzorul S_4 confirmă sistemului de conducere al sistemului flexibil (SCSF) că oblonul s-a deschis, după care SCSF comandă începerea mişcării;
- 4'-5: deplasarea vârfului mobil VM în vederea fixării OL – mişcarea începe doar după ce SCSF primeşte confirmarea de la SC al RI că mişcarea de extensie a braţului prin acţiunea cuplei C a fost terminată;
- 5'-6: deschiderea DP – mişcarea începe doar după ce senzorul S_1 confirmă SCSF fixarea OL;
- 6'-7: retragerea braţului (C) – mişcarea porneşte doar după ce senzorul S_2 confirmă SCSF că OL a fost eliberat;
- 7'-8: închiderea oblonului – mişcarea în cepe doar după ce SCSF primeşte confirmarea de la SC al RI că mişcarea de retragere a braţului prin acţiunea cuplei C s-a terminat;
- 8'-9: prelucrare – funcţionarea ML începe doar după ce senzorul S_3 confirmă SCSF că oblonul s-a închis;

- 9’-10: deschiderea oblonului – semnalul de începere a mişcării este furnizat de SCSF doar după ce i se confirmă de sistemul de comandă al ML că prelucrarea OL s-a terminat;

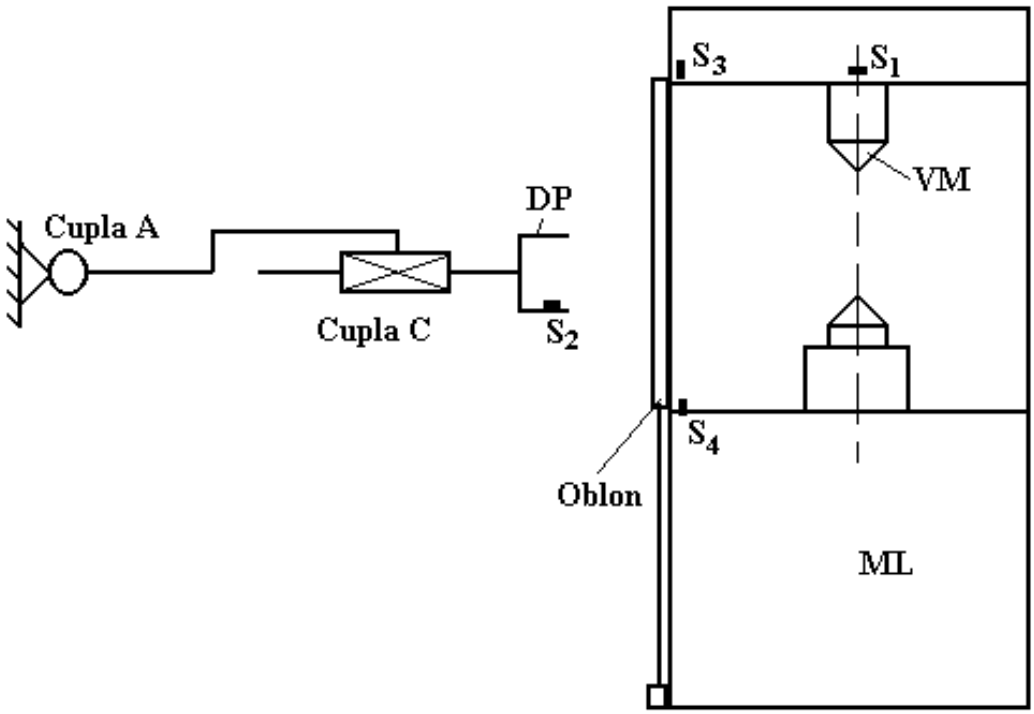


Fig.12.6. Layoutul sistemului de fabricaţie flexibilă
cu precizarea poziţiilor senzorilor

- 10’-11: apropierea braţului RI - semnalul de începere a mişcării este furnizat de SCSF doar după ce i se confirmă de către senzorul S_4 că oblonul este deschis;
- 11’-12: prinderea OL prin închiderea DP - semnalul de începere a mişcării este furnizat de SCSF doar după ce i se confirmă de SC al RI că extensia braţului prin acţiunea cuplei C s-a terminat;

- 12’-13: eliberarea OL prin retragerea VM - semnalul de începere a mişcării este furnizat de SCSF doar după ce i se confirmă de către senzorul S_2 că DP a prehensat OL;
- 13’-14: retragerea braţului - semnalul de începere a mişcării este furnizat de SCSF doar după ce i se confirmă de către senzorul S_1 că VM s-a retras;
- 14’-15: închiderea oblonului – semnalul de începere a mişcării este furnizat de SCSF doar după ce i se confirmă de către SC al RI că mişcarea de retragere a cuplei C s-a încheiat.

Ciclograma care ţine cont de interblocările prezentate în enumerarea secvenţelor de urmat se prezintă în figura12.7.

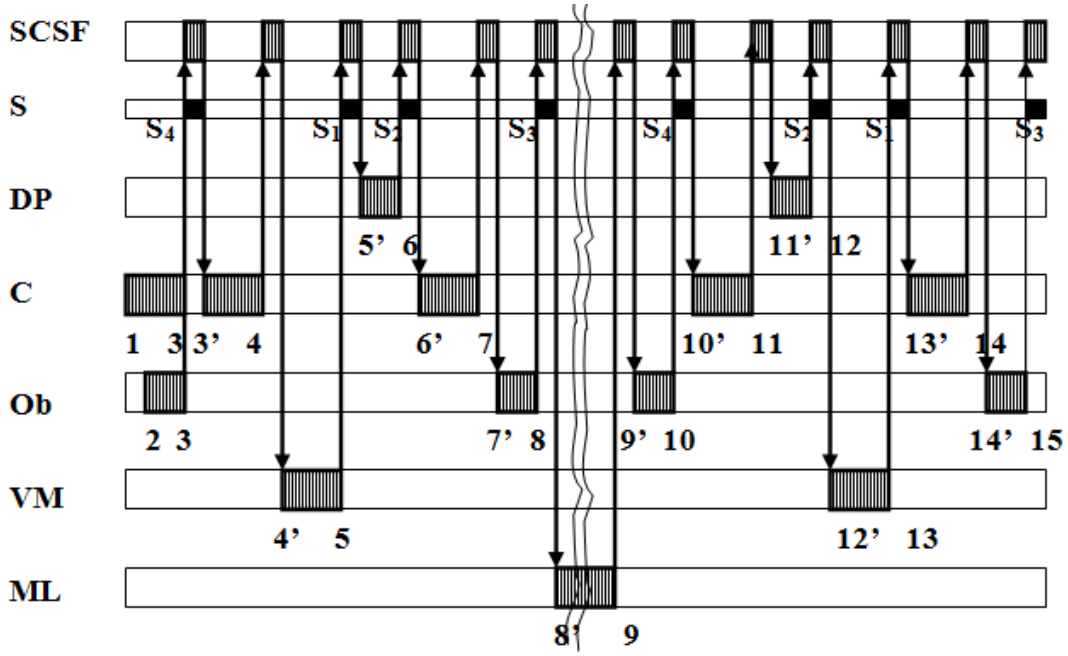


Fig.12.7. Ciclograma sistemului de fabricaţie prezentat în figura 12.6, cu condiţionarea interblocărilor

Întrebări de autoevaluare

Ce reprezintă o ciclograma?

Care este ordinea de întocmire a ciclogramei?

Ce se inţelege prin interblocare?

Care este diferenţa intre o cliclogramă simplă şi o ciclogramă cu condiţionarea interblocărilor?

Rezumat

Definiţie. Se înţelege prin *ciclogramă* o diagramă unidimensională în timp, care pune în evidenţă intervalele de timp de mişcare, respectiv repaus ca şi momentele de trecere de la repaus la mişcare şi invers. Ciclograma se deduce din legile de mişcare a sistemului studiat.

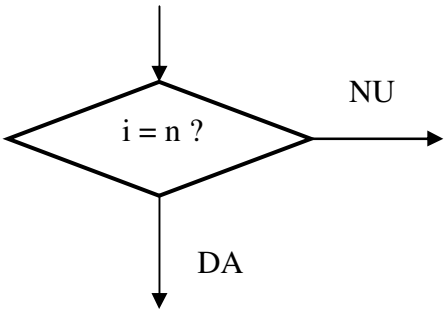
Pentru sistemele de fabricaţie flexibilă ciclogramele se întocmesc ierarhizat pentru fiecare componentă a subsistemului, după care pentru întregul sistem.

Ordinea de întocmire a ciclogramelor este: de la sistemele de nivel inferior spre cele de nivel superior (subsistem – sistem - metasistem).

Este evident că pentru întocmirea ciclogramelor atât pentru componentele susbsistemului de prelucrare, cât şi pentru componentele subsistemului de manipulare se impune determinarea timpilor de prelucrare pornind de la itinerarul tehnologic şi regimuri de prelucrare şi respectiv a timpilor de manipulare pornind de la deplasările de efectuat şi vitezele cu care se realizează aceste deplasări.

Pentru determinarea timpilor de manipulare este necesară o prealabilă întocmire a layout-ului (planului de amplasament) al sistemului de fabricaţie flexibil, din care rezultă lungimile deplasărilor de realizat pentru manipularea obiectului de lucru (sculei).

În ordinogramă sunt înscrise anumite trepte de decizie de forma prezentată în figura de mai jos.



Deciziile se referă sau la realizarea/nerealizarea unei anumite stări exterioare sau la începerea/sfârşitul mişcării unei componente a sistemului de fabricaţie şi se iau în mod automat pe baza semnalelor furnizate de către senzori şi traductoare.

Bibliografie

45. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
46. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
47. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
48. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 13. SINTEZA MĂSURILOR ŞI MIJLOACELOR DE PROTECŢIA MUNCII ÎN SISTEMELE DE FABRICAŢIE FLEXIBILĂ

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- Principalele concepte şi elemente de protecţie a muncii care trebuie avute în vedere atunci când se concepe un SFF.

***Cuvinte cheie*:**

Protecţia muncii, matricea de corelare, arborele de defecţiuni, arborele de evenimente.

Cuprinsul Modului:

13.1. Introducere

13.2. Identificarea persoanelor care pot suferi accidente

13.3. Măsuri organizatorice

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

13.1. Introducere

Definiţie: Prin accident se înţelege un eveniment neplanificat în decursul căruia suferă vătămări un operator uman, un mijloc de producţie sau un obiect de lucru.

Sinteza mijloacelor de protecţie împotriva accidentelor în SFF este un studiu care asigură proiectarea măsurilor şi mijloacelor ce permit evitarea accidentelor. O primă etapă a acestui studiu, o constituie identificarea accidentelor posibile, identificarea a ce se vatămă şi identificarea cauzelor care produc accidentele.

A. Identificarea accidentelor posibile.

Accidentele pot fi categorisite în două clase:

1.mecanice - datorate ruperilor, izbirilor (vătămare prin şoc), sau strivirilor (vătămare prin forţă continuă), etc.

2.nemecanice - cauzate de energia electrică, hidraulică, chimice sau iradieri, etc.

B. Identificarea a ce se vatămă prin accident.

Pot suferii vătămări componentele SFF (maşini de lucru, dispozitive de lucru, instalaţii aducătoare-evacuare, roboţi industriali), obiectele de lucru, şi operatorii umani.

C. Identificarea cauzelor care produc accidentele.

Accidentele se pot produce din următoarele cauze:

- greşeli de concepţie ale sistemului;
- alegerea necorespunzătoare a mijloacelor de producţie;
- defectarea mijloacelor de producţie;
- întreruperea furnizării energiei;
- greşeli de programare;
- greşeli în alte intervenţii ale operatorului uman în sistem;
- neexecutarea operaţiilor de întreţinere, reparaţii;
- pătrunderea operatorului uman în zone nepermise.

Mijloacele de analiză pentru identificarea cauzelor şi efectelor accidentelor şi a ceea ce se vatămă într-un accident sunt următoarele:

- matricea de corelare;

- arborele de defecţiuni;
- arborele de evenimente.

Definiţie: Matricea de corelare este o matrice ce realizează o corelaţie între cauze posibile ale accidentelor şi entităţi care pot fi vătămate.

Pe liniile matricii apar cauzele posibile producerii accidentelor, iar pe coloane subsistemele SFF. Elementele matricii vor avea valorile 0 sau 1, după cum nu există nici o corelare între cauza considerată şi o entitate şi respectiv 1 dacă se poate stabili o corelaţie între cauză şi entitate.

Tabel.13.1.Matrice de corelare

		VĂTĂMĂRI				
CAUZE		O.U.	Sculă	M.L.	D.L.	O.L.
	…					
	…					
	Întreruperea alimentării cu energie electrică	0	1	0	0	1
	Piesa manipulată scapă din D.P.	1	0	1	0	1
	…					

Definiţie: Arborele de defecţiuni reprezintă un graf arborescent orientat care pleacă din cauza considerată şi se ramifică spre efectele posibile de apariţie.

Observaţie. Arborele de defecţiuni se întocmeşte pe baza matricii de corelare.

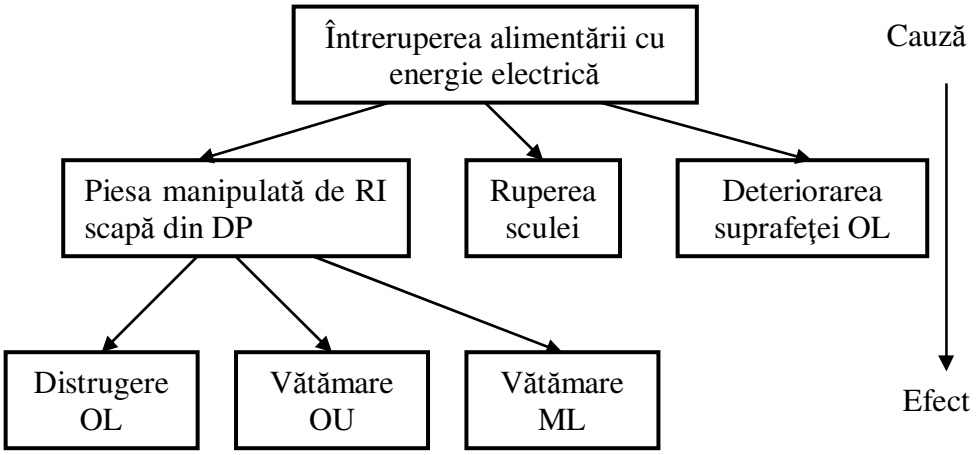


Fig.13.1. Arbore de defecţiuni

Definiţie: Arborele de evenimente reprezintă un graf orientat (arborescent) care are ca origine efectul şi se desfăşoară spre cauză.

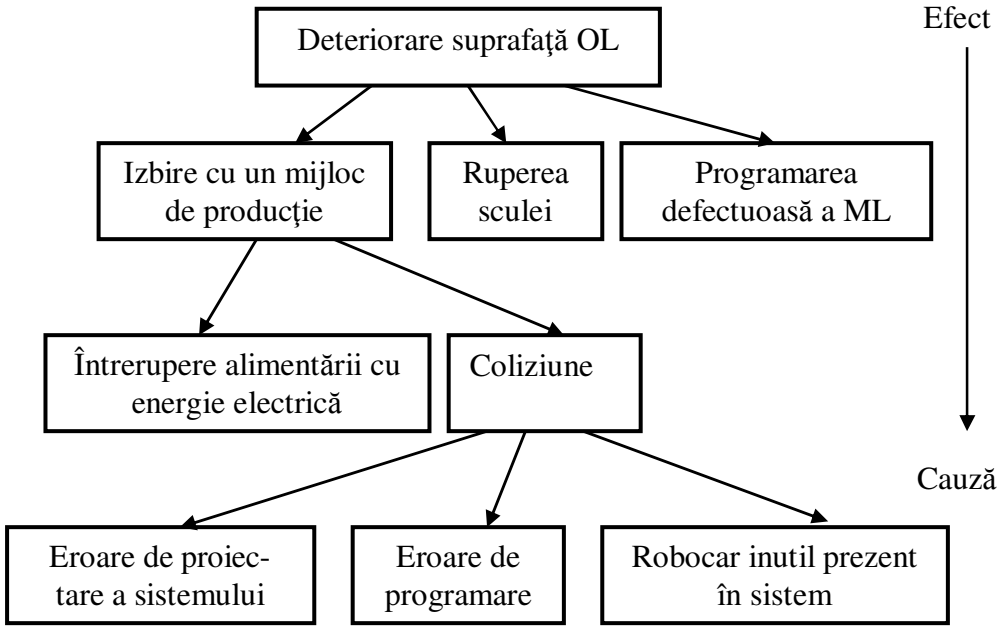


Fig.13.2. Arbore de evenimente

13.2. Identificarea persoanelor care pot suferi accidente

Lucrările care se efectuează de către operatorii umani în sistem, se grupează în patru categorii:

A)Reglare, întreţinere, reparaţii.

B)Programare.

C)Supraveghere, monitorizare, diagnoză.

D)Muncă ulterioară cu servire manuală.

Zonele de desfăşurare a activităţilor operatorilor umani într-un SFF sunt următoarele:

Zona 1, în contact direct cu echipamentele, este specifică lucrărilor efectuate de OU ce efectuează lucrările din categoria A.

Zona 2, în apropierea echipamentelor este specifică lucrărilor efectuate de OU ce efectuează lucrările din categoria B.

Zona 3, în spaţiul sistemului, categoria C.

Zona 4, în afara sistemului la frontiera lui, categoria D şi personal cu prezenţă accidentală.

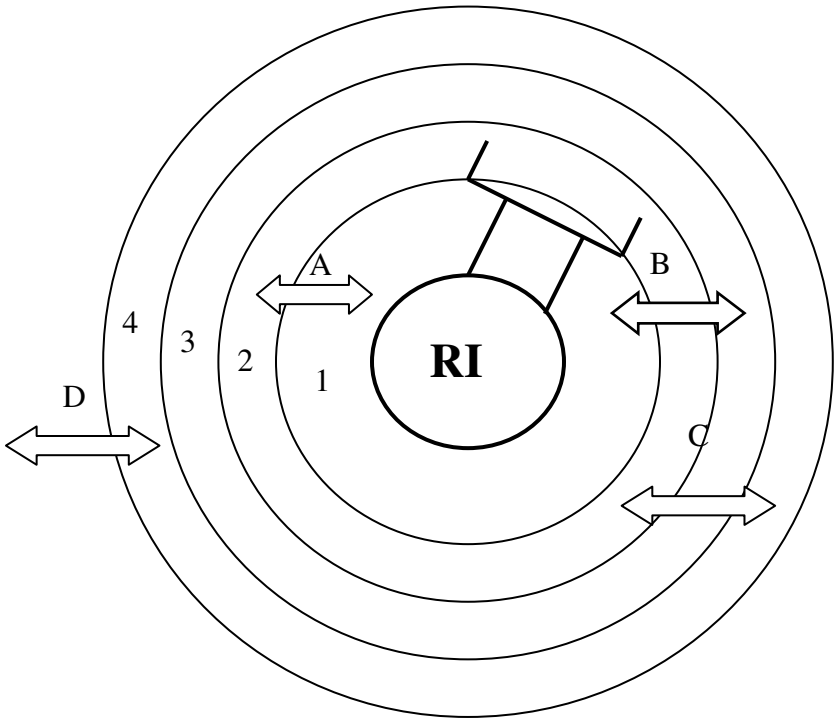


Fig.13.3. Zone de desfăşurare a activităţilor operatorilor
ce servesc un robot industrial

13.2. Sinteza măsurilor propriu-zise de protecţia muncii

Măsurile de ansamblu se împart în 4 categorii:

a) Măsurile de ansamblu sunt de valabilitate generală.

Exemple:

- să se protejeze sistemul împotriva pătrunderii operatorului uman în sistem;
- să nu apară zone de strivire;
- să se poată opri funcţionarea sistemului dacă s-a întâmplat un accident.

b) Măsuri constructive:

- control pornire-oprire prin aşa-numitele întrerupătoare de aprobare;
- limitarea vitezelor şi curselor organelor active ale echipamentelor;
- măsuri de anticoliziune, antistrivire, prin întrerupătoare generale de alarmă, prin rotunjiri de muchii, interpunerea unor învelişuri de cauciuc în colţuri ale obiectelor în mişcare, utilizarea senzorilor de proximitate, tactili de tip piele artificială;

- montarea unor garduri, bariere de lumină în infraroşu, care să nu permită accesul în interiorul sistemului;
- permiterea accesului în sistem prin uşi zăvorâte software.

c) Utilizarea unor mijloace materiale de protecţie:

- echipamente de protecţie; cărţi; vestoane cu senzori "piele artificială", etc.

d) Măsuri organizatorice:

- instruirea personalului; mentenanţă; reparaţii; întreţinere.

Se prezintă în continuare unele dintre aceste măsuri.

O parte a mijloacelor de protecţie a muncii utilizate permit controlul riguros al porniriiopririi sistemului de fabricaţie ca ansamblu şi a fiecărei componente ale sale în parte în condiţii de siguranţă. În acest scop se utilizează:

1a. Întrerupătoare de aprobare, se acţionează de către operatorul uman după verificarea prealabilă a stării sistemului şi a fiecărei componente în parte, a faptului că sunt îndeplinite toate condiţiile de funcţionare. După acţionarea întrerupătorului de aprobare, întrerupătoarele de funcţionare ale întregului sistem cât şi a fiecărei componente a sistemului lucrează în regim normal.

În cazul robotului industrial, întrerupătorul de aprobare pentru modul de funcţionare de programare prin instruire, se realizează cu un buton de "om prezent", prevăzut pe panoul de programare. Alimentarea cu energie a robotului industrial în timpul programării, se realizează doar cât operatorul uman ţine apăsat butonul, ţinând în mână panoul de programare.

1b. Întrerupătoarele de avarie se montează în mai multe puncte în interiorul şi exteriorul sistemului de fabricaţie. Acţionarea uneia din aceste întrerupătoare se impune în cazul în care un operator uman observă funcţionarea anormală a sistemului, a oricărei componente sau producerea unui accident.

Prin acţionarea unui întrerupător de avarie, se întrerupe alimentarea cu energie a tuturor componentelor sistemului.

Însăşi oprirea funcţionării componentelor sistemului poate duce la accidente de muncă. Din acest motiv, în cazul în care nu sunt îndeplinite condiţiile acţionării întrerupătorului de avarie, pentru oprirea funcţionării sistemului se utilizează:

1c. Întrerupătoarele de sfârşit de ciclu. Prin acţionarea întrerupătorului de sfârşit de ciclu se comunică o instrucţie adecvată sistemului de conducere a sistemului de fabricaţie flexibilă

robotizat, care la rândul lui să comande oprirea funcţionării fiecărei componente a sistemului. Aceasta se va face la încheierea ciclului de funcţionare a întregului sistem sau a intervalului de timp corespunzător celui mai mic multiplu comun al duratei ciclurilor acelor componente ale sistemului care sunt legate prin interblocări.

În vederea evitării opririlor accidentale a funcţionării sistemului şi a componentelor sale, trebuie asigurată menţinerea în orice condiţii a alimentării cu energie. În acest scop se utilizează:

1d. Surse de alimentare cu energie de redundanţă, care intră în funcţiune în condiţiile opririi furnizării energiei de la reţea. O asemenea sursă de energie redundanţă poate fi o baterie de acumulatori, un grup electrogen, etc.

Deseori, întreruperile de alimentare cu energie sunt cauzate de întreruperile de cablu, conducte, etc. În vederea evitării/depistării unor asemenea întreruperi, se utilizează:

1e. Monitorizarea stării conductelor/conductorilor cu afişare analogică spre exemplu: prin aparate de măsură a căderii de tensiune electrice, de presiune a fluidului sau de alarmare la întrerupere (luminoasă, auditivă, etc.). De asemenea, măsuri sunt utilizate şi pentru asigurarea păstrării integrităţii conductorilor care realizează transmiterea fluxului de informaţie.

Uneori, întreruperea alimentării cu energie poate cauza accidente prin slăbirea forţelor de imobilizare/solidarizare cu alte obiecte, a obiectului de lucru, sculei, etc. În vederea evitării unor asemenea deficienţe, se utilizează:

1f. Forţe de imobilizare/solidarizare, care sunt realizate gravitaţional, elastic (cu arcuri) prin autoblocare (autofrânare), etc., iar anularea forţelor respective se realizează folosind sursa de energie. Asemenea măsuri se cer impuse şi în cazul dispozitivelor de lucru şi a celor de prehensiune.

Repornirea accidentală a sistemului sau a componentelor acestora după o oprire prealabilă, poate fi cauzată la rândul său de accidente. Pentru evitare se utilizează:

1g. Dispozitive de împiedicare a repornirii accidentale. Ele se pot realiza ca întrerupătoarele de aprobare.

O categorie a mijloacelor de protecţie umană urmăresc limitarea regimurilor de viteză de funcţionare a componentelor sistemului de fabricaţie, respectiv a cauzelor mişcărilor relative ale elementelor cuplelor cinematice conducătoare.

2a. Selectoarele regimurilor de viteză de funcţionare sunt nişte comutatoare care permit "schimbarea scării timpului" ciclogramei întregului sistem, respectiv, în mod selectiv a unor

componente ale sistemului, modificând astfel, proporţional, vitezele relative ale mişcărilor cuplelor cinematice conducătoare.

Aceste comutatoare realizează, de obicei, modificarea parametrilor purtătorilor de energie care alimentează motoarele de acţionare (intensitate de curent/tensiune electrică, debit/presiune fluid, etc.). Selectoarele de regimuri de viteză de funcţionare se utilizează, de exemplu, în perioada programării funcţionării sistemului de fabricaţie sau a componentelor sale, în timpul intervenţiei operatorilor umani pentru lucrări de întreţinere, mentenanţă, reparaţii, reglare, reechipări, etc.

2b. Limitatoare de curse a mişcării relative a elementelor cuplelor cinematice conducătoare pot să fie de natură hardware: opritoare mecanice, întrerupătoare de capăt de cursă, sau software: sesizarea poziţiei de capăt de cursă prin intermediul traductorului de deplasare corespunzător "axei" sau de către un senzor de proximitate şi declanşarea comenzii de oprire la receptarea semnalului acestora.

Coliziunea dintre piese în mişcare ale componentelor sistemului de fabricaţie, între aceste componente şi operatorul uman (sau o altă persoană), între obiectul de lucru şi piese ale componentelor sistemului poate fi evitată prin:

2c. Dispozitive de autoblocare/autofrânare care împiedică desprinderea/ desolidarizarea unor piese de alte piese şi deplasarea lor ulterioară pe traiectul de coliziune; ele au fost descrise la punctul a6.

3a. Senzori tactili individuali şi de tip matrice (piele artificială) care se dispun pe suprafeţele obiectelor care pot intra în coliziune cu alte obiecte sau cu operatori umani.

La semnale emise în momentul atingerii senzorului/senzorilor tactili, sistemul de conducere opreşte mişcarea relativă a obiectului/obiectelor intrat/intrate în coliziune. În figura 12.4 se reprezintă exemple de realizare a unor asemenea mijloace.

3b. Senzori de proximitate, care sesizează apropierea corpurilor înaintea intrării lor în coliziune. Asemenea senzori, pot fi ultrasonici, optici (bariere de lumină), capacitivi.

Semnalul emis de senzorul de proximitate, transmis sistemului de conducere, determină emiterea unei comenzi de oprire a mişcărilor respective.

3c. Vesta de siguranţă, este un mijloc de protecţie purtat de operatorul uman, pe a cărei suprafaţă sunt dispuse matrici de senzori tactili (piele artificială). Pielea artificială fiind atinsă de o piesă în mişcare, emite un semnal către sistemul de conducere care emite comanda de oprire a

mişcării.

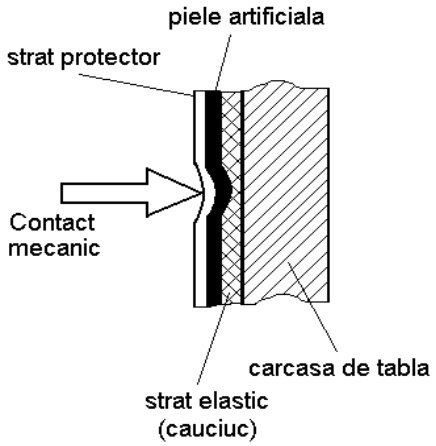


Fig.13.4. Matrice de senzori tactili pentru sesizarea contactului

În vederea asigurării succesiunii fazelor de lucru ale diferitelor componente ale sistemului de fabricaţie, deci pentru asigurarea realizării prevederilor ciclogramelor, se utilizează:

4a. Zăvorâri hardware. Ele declanşează, prin contact mecanic (întrerupătoare, opritoare) cu o piesă/subansamblu în mişcare, aparţinând unei componente a sistemului, semnalul privind mişcarea/oprirea unei piese/unui ansamblu, a unei alte componente a sistemului.

4b. Zăvorârile sofware, realizează aceeaşi operaţie prin sesizarea fără contact (senzori de proximitate) a poziţiei relative a unor piese/subansambluri în mişcare a unor componente ale sistemului.

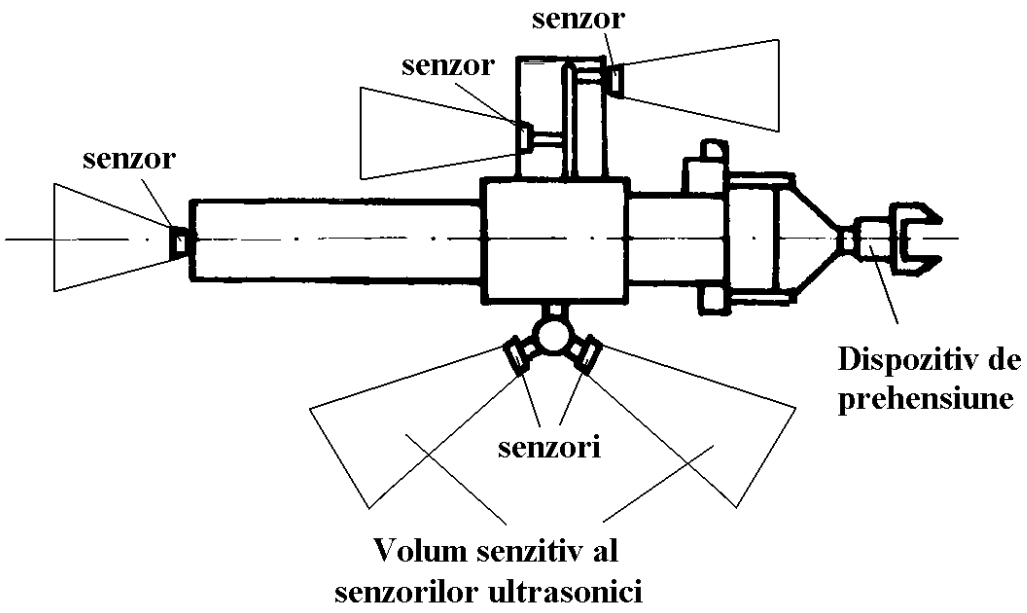


Fig.13.5. Senzori de proximitate ultrasonici montaţi
pe robotul industrial

Se transmite informaţia la sistemul de conducere a altei componente şi se emite de către acesta comanda de pornire/oprire a mişcării unei piese/subansamblu a acestei componente.

4c. Interblocările mijloc de muncă/mijloc de muncă, se realizează prin aşa-zisul "dialog" între componentele sistemului de fabricaţie flexibilă robotizat. La încheierea unei faze a ciclului de funcţionare a unei componente a sistemului, se emite un semnal care condiţionează începerea unei faze a ciclului de funcţionare a altei componente a sistemului.

Schimbul de semnale se poate realiza nemijlocit între sistemele de conducere ale componentelor sistemului între care se realizează interblocarea, sau prin intermediul sistemului de conducere al sistemului de fabricaţie robotizat.

4d. Diagnoza automată a funcţionării componentelor sistemelor de fabricaţie flexibilă se realizează prin intermediul unor traductoare şi senzori care urmăresc funcţionarea motoarelor, transmisiilor, sculelor, elementelor specifice ale dispozitivelor de lucru şi ale instalaţiilor aducătoare/de evacuare, tensiunilor electrice, intensităţilor de curent, presiuni ale fluidelor, temperaturi, etc.

Indicaţiile traductoarelor şi senzorilor sunt comparate cu nişte mărimi de referinţă de către sistemele de conducere ale componentelor sau a sistemului şi în cazul unor nepotriviri se

recomandă, fie întreruperea funcţionării componentei sistemului şi semnalarea acestei defecţiuni în vederea intervenţiei de către operatorul uman, sau înlăturarea defecţiunii sesizate fără intervenţia operatorului uman.

Repararea automată se realizează, în general, pe calea schimbării automate a unor subansambluri, elemente, organe de maşină, scule, dispozitive etc., utilizându-se în acest scop dispozitive de schimbare automată. În cazul în care aceste schimbări au loc în mod preventiv, la intervale de timp programate, indiferent de semnalele emise de senzori şi traductoare, se realizează *mentenanţa automată*. Ea mai cuprinde şi acţiuni cu caracter de întreţinere efectuate fără operator uman (de exemplu: lubrificare).

Operaţiile de reparare automată pot fi executate fie la sesizarea traductoarelor şi senzorilor subsistemului de diagnoză, fie pot fi programate în mod periodic. Exemple de reparaţii automate realizate în cadrul unor sisteme de fabricaţie sunt: reascuţirea unor scule de aşchiere, curăţarea capetelor de sudare cu arc, corectarea suprafeţelor electrozilor (cleştilor) la sudarea prin presiune în puncte, etc.

Accidente tipice pentru sistemele de fabricaţie flexibilă robotizate, sunt strivirile operatorilor umani sau ale obiectelor de lucru, piese, subansambluri ale unor componente ale sistemului, între subansambluri în mişcare, între două componente ale sistemului sau între un asemenea subansamblu şi perete/obiecte în staţionare. În vederea evitării accidentelor de strivire se vor prevedea:

5a. Capsularea pieselor în mişcare aparţinând componentelor sistemului de fabricaţie în vederea evitării accesului operatorilor umani la ele în timpul funcţionării. Capsularea se poate face prin capac, huse fixe, protecţie telescopică sau de tip husă deformabilă.

5b. Rotunjirea muchiilor în mişcare, este la rândul ei un mijloc de evitare a urmărilor unor striviri.

Strivirile au loc în zone ale spaţiului de lucru ale componentelor sistemului în care distanţa dintre spaţiile de coliziune instantanee a unor componente ajunge să fie mai mică decât dimensiunea unei poziţii a corpului operatorului uman sau a unui subansamblu a altei componente.

O modalitate de evitare a accidentelor prin strivire este limitarea curselor în mişcare a diferitelor subansambluri ale componentelor sistemului, prin limitatoare de cursă sau program, realizându-se pe această cale:

5c. Evitarea formării locurilor de strivire. Împiedicarea accesului operatorilor umani şi/sau a altor persoane în zone de activitate a sistemului sau a unor componente ale acestora este măsura principală de protecţie a muncii. Ea se poate realiza prin intermediul unor:

6a. Bariere (garduri) solide care împrejmuiesc zona de periculozitate aferentă sistemului de fabricaţie flexibilă. Împiedicarea accesului se poate realiza şi folosind, pe lângă bariere (garduri) şi batiuri ale componentelor sistemului, dulapuri şi alte obiecte fixe (vezi fig.13.6; fig.13.7.).

6b. Bariere cu fascicol luminos în spectru vizibil sau infraroşu pot înlocui barierele solide în delimitarea spaţiului de periculozitate al sistemului de fabricaţie. Pătrunderea operatorului uman sau a altei persoane întrerupe fascicolul luminos, stare sesizată de senzorul video (fotometric) care interceptează fascicolul. Semnalul emis de senzor fie opreşte funcţionarea sistemului, fie declanşează la rândul său semnale de avertizare luminoase sau sonore.

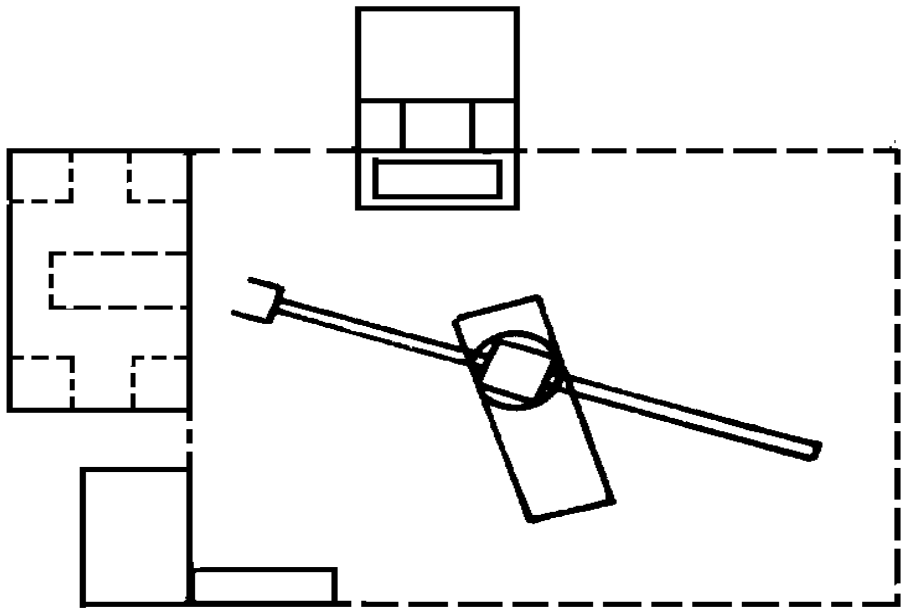


Fig.13.6. Celulă de fabricaţie flexibilă pentru presarea la cald al cărei spaţiu de periculozitate este delimitat prin garduri.

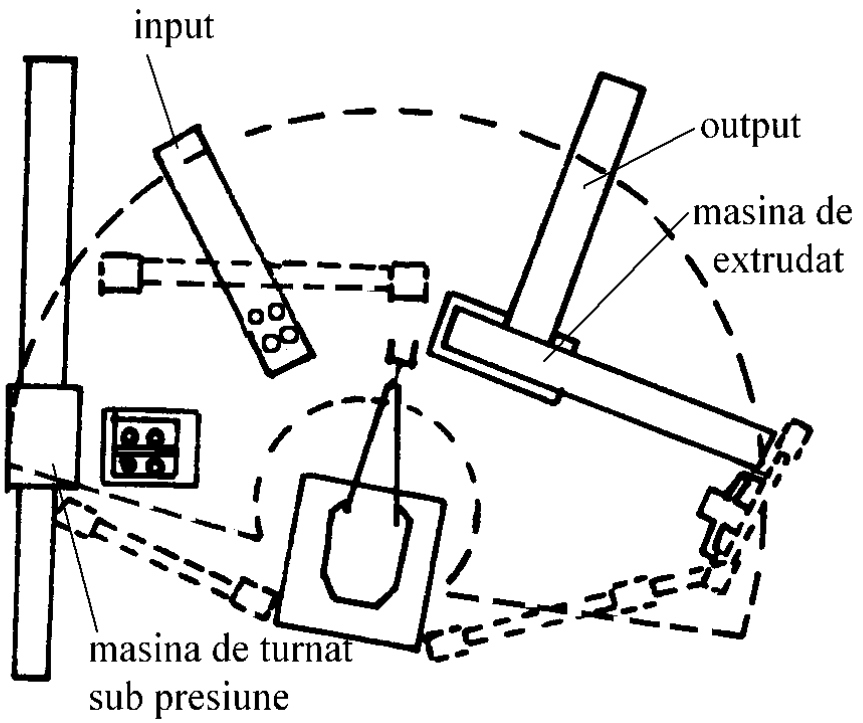


Fig.13.7. Delimitarea spaţiului de periculozitate al sistemului se face prin garduri şi componente fixe ale sistemului (celulă de fabricaţie prin turnare şi extrudare)

6c. Uşă de acces cu zăvorâre prin software, se utilizează când se permite pătrunderea operatorului uman în spaţiul de periculozitate al sistemului.

Deschiderea lacătului uşii transmite un semnal la sistemul de comandă al sistemului de fabricaţie care comandă încheierea ciclului de funcţionare al sistemului şi apoi oprirea funcţionării tuturor componentelor, sistemul de conducere permiţând deschiderea uşii de acces.

6d. "Covoarele senzitive" sunt matrici de senzori tactili aşezaţi în calea de acces a operatorilor umani/ persoanelor în spaţiul de periculozitate. În momentul în care cineva calcă pe "covorul senzitiv", semnalul emis acţionează ca cel emis de senzorul video al "barierei luminoase".

6e. Interblocările mijloc de muncă/operator uman, sunt folosite în cazul în care prezenţa operatorului uman este necesară în spaţiul de periculozitate pentru efectuarea manuală a unor operaţii.

Un exemplu de asemenea interblocare este declanşarea cursei active a unei prese de către operatorul uman doar utilizând ambele mâini; pe această cale se evită pătrunderea unei mâini a operatorului uman în spaţiul de periculozitate şi deci strivirea acesteia.

În unele cazuri se necesită închiderea sistemului de fabricaţie flexibilă în:

6f. Cabine speciale, care să-l izoleze de mediu. Asemenea cabine se utilizează, spre exemplu, la sistemele de fabricaţie pentru sudare/tăiere prin fascicol laser, tăiere prin jet de apă cu înaltă presiune, etc.

Prezintă eficienţă din punct de vedere al protecţiei muncii utilizarea unor:

6g. Semnale de avertizare luminoase sau sonore, ele avertizează operatorul uman sau altă persoană, că anumite componente ale sistemului de fabricaţie sunt în funcţiune.

Mijloacele eficiente de protecţie a muncii constituie şi hainele/echipamentele de protecţie individuale purtate de operatorii umani. Ele sunt:

7a. măşti

7b. pantofi

7c. veste, pantaloni

7d. ecrane de protecţie

În aceeaşi categorie sunt incluse şi mijloacele care conduc la sporirea caracterului ergonomic al diferitelor piese cu care operatorul intră în contact.

7e. învelişuri de protecţie

7f. forme ergonomice pentru manete, butoane, etc.

13.3. Măsuri organizatorice

Se necesită elaborarea unor regulamente de funcţionare clare, exhaustive, atât pentru întregul sistem, cât şi pentru fiecare componentă a acestuia în parte.

Regulamentele trebuie să prevadă:

- modul de cooperare a tuturor factorilor implicaţi în acţiuni legate de protecţia muncii;

- condiţiile de acces a operatorilor umani în spaţiul de periculozitate;

- succesiunea de acţiuni care se cer întreprinse în caz de accident;

- organizarea activităţilor manuale în afara zonei de periculozitate, respectiv în perioada de nefuncţionare a surselor de accidente;

- elaborarea unor programe de activitate de întreţinere, teste, diagnoză, reparaţii, pregătirea şi ţinerea la dispoziţie a sculelor, dispozitivelor şi pieselor de schimb necesare;

- organizarea activităţilor operatorilor umani în sistem de aşa manieră, încât aceştia să nu

fie supuşi unor solicitări suplimentare (stres al “timpului scurs”, vizibilitate proastă, spaţiu insuficient, etc.);

- instrucţiuni precise, ce pericole apar la diferite activităţi şi cum este posibilă activitatea în condiţii de siguranţă.

După elaborarea regulamentelor de funcţionare, operatorii umani şi celelalte persoane care vor veni în “contact” cu sistemele de fabricaţie, trebuie instruiţi atât teoretic cât şi, mai ales, în condiţiile de lucru ale sistemului.

Întrebări de autoevaluare

Ce se înţelege prin accident?

Ce reprezintă sinteza mijloacelor de protecţie împotriva accidentelor ?

Ce reprezintă matricea de corelare?

Ce reprezintă arborele de defecţiuni?

Ce reprezintă arborele de evenimente?

În câte categorii se împart măsurile de ansamblu pentru sinteza măsurilor propriu-zise de protecţia muncii?

Rezumat

Definiţie: Prin accident se înţelege un eveniment neplanificat în decursul căruia suferă vătămări un operator uman, un mijloc de producţie sau un obiect de lucru.

Sinteza mijloacelor de protecţie împotriva accidentelor în SFF este un studiu care asigură proiectarea măsurilor şi mijloacelor ce permit evitarea accidentelor. O primă etapă a acestui studiu, o constituie identificarea accidentelor posibile, identificarea a ce se vatămă şi identificarea cauzelor care produc accidentele.

A. Identificarea accidentelor posibile.

Accidentele pot fi categorisite în două clase:

1.mecanice - datorate ruperilor, izbirilor (vătămare prin şoc), sau strivirilor (vătămare prin forţă continuă), etc.

2.nemecanice - cauzate de energia electrică, hidraulică, chimice sau iradieri, etc.

B. Identificarea a ce se vatămă prin accident.

Pot suferii vătămări componentele SFF (maşini de lucru, dispozitive de lucru, instalaţii aducătoare-evacuare, roboţi industriali), obiectele de lucru, şi operatorii umani.

C. Identificarea cauzelor care produc accidentele.

Accidentele se pot produce din următoarele cauze:

- greşeli de concepţie ale sistemului;
- alegerea necorespunzătoare a mijloacelor de producţie;
- defectarea mijloacelor de producţie;
- întreruperea furnizării energiei;
- greşeli de programare;
- greşeli în alte intervenţii ale operatorului uman în sistem;
- neexecutarea operaţiilor de întreţinere, reparaţii;
- pătrunderea operatorului uman în zone nepermise.

Mijloacele de analiză pentru identificarea cauzelor şi efectelor accidentelor şi a ceea ce se vatămă într-un accident sunt următoarele:

- matricea de corelare;
- arborele de defecţiuni;
- arborele de evenimente.

Definiţie: Matricea de corelare este o matrice ce realizează o corelaţie între cauze posibile ale accidentelor şi entităţi care pot fi vătămate.

Bibliografie

49. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.

50. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
51. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
52. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.

MODULUL 14. ANALIZA EFICIENŢEI ECONOMICE ÎN SISTEMELE DE FABRICAŢIE FLEXIBILĂ

Timpul mediu necesar pentru studiu: 120 minute.

Obiective educaţionale

În urma parcurgerii acestui modul veţi şti:

- cum se evaluează eficienţa economică în SFF şi care sunt factorii care o influenţează.

Cuvinte cheie:

Eficienta economică, rentabilitate.

Cuprinsul modului:

14.1. Analiza primară a eficienţei economice în sistemele de fabricaţie flexibilă.

14.2. Noţiuni de evaluare finală a performanţelor economice ale sistemelor de fabricaţie flexibilă

EXPUNEREA DETALIATĂ A TEMEI

14.1. Analiza primară a eficienţei economice în sistemele de fabricaţie flexibilă

După ce au fost elaborate mai multe variante tehnice în cadrul sintezei globale a SFF este necesară o departajare a acestora funcţie de criteriul economic.

Criteriul economic folosit în cadrul analizei economice primare îl constituie beneficiul suplimentar anual realizat prin punerea în funcţiune a sistemului de fabricaţie flexibilă, în raport cu fabricaţia în cadrul unui sistem clasic:

$$B_i = E_{mi} + B_{pi} + B_{ci} - \frac{I_i}{A} - \Delta C_{Ii} - \Delta C_{Ei} - \Delta C_{Fi} \qquad (14.1)$$

unde:

- B_i [lei / an] – beneficiul suplimentar pentru soluţia i;
- E_{mi} [lei / an] – economia de manoperă/an pentru soluţia i:

  $$E_{mi} = M_{cl} - M_{SFFi} \qquad (14.2)$$

  cu:M_{cl};M_{SFFi} [lei/an] – costul manoperei în varianta clasică şi în cazul SFF pentru varianta "i";
- B_{Pi} [lei / an] – beneficiul suplimentar generat de creşterea volumului de producţie pentru soluţia "i";

  $$B_{Pi} = V_{P\,SFFi} - V_{P\,cl} \qquad (14.3)$$

  cu: $V_{P\,cl}, V_{P\,SFFi}$ – volumul producţiei în varianta clasică şi respectiv în cazul utilizării variantei "i" a SFF-ului;
- B_{Ci} [lei / an] – beneficiul suplimentar obţinut prin îmbunătăţirea calităţii produsului;
- ΔC_{Ii} [lei / an] – creşterea cheltuielilor suplimentare de întreţinere;

  $$\Delta C_{Ii} = C_{ISFFi} - C_{Icl} \qquad (14.4)$$

  cu:C_{Icl};C_{ISFFi} – reprezintă cheltuielile de întreţinere în varianta clasică, respectiv în cazul utilizării variantei "i" a SFF-ului;
- ΔC_{Ei} [lei / an] – creşterea cheltuielilor pentru energie, impuse de soluţia i;

  $$\Delta C_{Ei} = C_{ESFFi} - C_{Ecl} \qquad (14.5)$$

  cu:C_{Ecl};C_{ESFFi} – reprezintă cheltuielile cu energia în varianta clasică, respectiv în cazul utilizării variantei "i" a SFF-ului;
- C_{Fi} [lei / an] – cheltuieli suplimentare de funcţionare pentru soluţia i (periodic se înlocuiesc unele componente);

$$\Delta C_{Fi} = C_{FSFFi} - C_{Fcl} \quad (14.6)$$

cu: C_{Fcl}; C_{FSFFi} – reprezintă cheltuielile suplimentare de funcţionare în varianta clasică, respectiv în cazul utilizării variantei "i" a SFF-ului;

- A [ani] – numărul de ani de rambursare a cheltuielilor de investiţie;
- I_i [lei] – costul investiţiei de realizat pentru punerea în funcţiune a soluţiei i;

unde:

$$I_i = \sum_{j=1}^{n} C_{MLj} + \sum_{k=1}^{d} C_{DLk} + \sum_{l=1}^{o} C_{IA/El} + \sum_{u=1}^{m} C_{Mu} + \sum_{v=1}^{t} C_{clsv} + \sum_{x=1}^{r} C_{IAx} \quad (14.7)$$

unde:

- C_{MLj} [lei] – costul maşinii de lucru j;
- n – numărul maşinilor de lucru;
- C_{DLk} [lei] – costul dispozitivului k;
- d [-] – numărul de dispozitive de lucru;
- C_{DLk} [lei] – costul dispozitivului din cadrul IA/E ;
- o [-] – numărul de dispozitive folosite în cadrul IA/E;
- c_{Mu} [lei] – costul modului "u" al robotului;
- m [-] – numărul gradelor de mobilitate ale roboţilor utilizaţi;
- C_{clsv} [lei] – costul facilităţilor de comportament logic secvenţial;
- t [-] – numărul facilităţilor de comportament logic utilizate;
- C_{IAx} [lei] – costul facilităţilor de inteligenţă artificială;
- r [-] – numărul facilităţilor de inteligenţă artificială utilizate.

Se va alege varianta de SFF pentru care beneficiul anual preconizat va fi maxim.

În cazul în care valoarea beneficiului anual suplimentar obţinut prin punerea în funcţiune a tuturor variantelor de SFF va fi negativă, deci nu se întrevede profit prin implementarea soluţiilor de sisteme propuse, se va renunţa – din punct de vedere economic – la implementarea SFF-ului.

Toţi termenii relaţiei (14.1) se iau în considerare ca prime aproximaţii posibile a fi făcute după efectuarea sintezei globale, inclusiv prin estimări.

14.2. Noţiuni de evaluare finală a performanţelor economice ale sistemelor de fabricaţie

flexibilă

Problemele tehnice au în general mai multe soluţii posibile. Alegerea uneia dintre acestea se face pe considerente economice.

În cadrul sintezei unui sistem de fabricaţie flexibilă se elaborează de regulă mai multe variante de soluţii diferite din punct de vedere tehnic. Dintre ele se va alege pentru realizare cea care este cea mai avantajoasă din punct de vedere economic. Ca urmare pentru a face comparaţia variantelor de soluţii ele trebuie evaluate din punct de vedere economic.

Evaluarea economică a variantelor de sisteme de fabricaţie flexibilă se face de regulă prin comparaţia eficienţei economice a unei variante cu alta sau a tuturor variantelor cu una de bază, care este de obicei varianta sistemului de fabricaţie "clasic".

Eficienţa economică a unei variante a sistemului de fabricaţie se apreciază prin beneficiul suplimentar anual realizat prin funcţionarea sistemului în cauză în raport cu sistemul de referinţă.

Beneficiul suplimentar anual se calculează luând în considerare pe de o parte efectele economice favorabile care se obţin prin introducerea sistemului în cauză, creşterea productivităţii muncii, îmbunătăţirea calităţii produselor, creşterea capacităţii concurenţiale a întreprinderii, scurtarea timpului de parcurgere al unui produs, diminuarea imobilizării capitalului circulant, diminuarea cheltuielilor de manoperă, materiale, regie, pe de altă parte cheltuieli suplimentare legate de realizarea şi funcţionarea sistemului.

Creşterea productivităţii muncii are ca rezultat creşterea nivelului de produse de un anumit tip în decursul unui an, creşterea numărului de tipuri de produse executate în cursul unui an, ca urmare a creşterii capacităţii concurenţiale a întreprinderii, creşterea preţului de vânzare a produselor urmare a îmbunătăţirii calităţii lor şi – în mod implicit – diminuarea timpului de parcurgere al produsului. Expresia beneficiului suplimentar anual realizat în urma efectelor de mai sus este:

$$B_1 = \sum_{i=1}^{r} p_i \cdot \Delta v_i + \Delta p_i \cdot (v_i + \Delta v_i) + \sum_{j=1}^{n} p_j \cdot v_j \qquad (14.8)$$

unde p_i este numărul de produse din categoria i executate în sistemul considerat de referinţă în decurs de un an, Δp_i creşterea nivelului de produse de tip i executate în unul noul sistem în cursul unui an, v_i preţul de vânzare al produsului de tip i produs în sistemul considerat de referinţă, Δv_i creşterea preţului de vânzare al produsului de tip i executat în noul sistem, p_j numărul produselor de categoria j produse în noul sistem în decursul unui an şi care nu au fost

produse în cel de referinţă, v_j preţul de vânzare al produsului de tip *j*, *r* numărul tipurilor de produse executate în cadrul sistemului considerat de referinţă şi *n* numărul tipurilor de produse executate în noul sistem şi care nu au fost produse în cel de referinţă. Preţurile de vânzare şi creşterile de preţuri de vânzare se exprimă în lei, iar B_1 în lei/an.

Beneficiul suplimentar realizat prin diminuarea imobilizării capitalului circulant exprimă şi el în mod implicit efectul favorabil al scurtării timpului de parcurgere al unui produs.

El se calculează cu relaţia:

$$B_2 = \sum_{i=1}^{r} \left[p_i \cdot \left(d_i^r \cdot Ca_i^r - d_i^n \cdot Ca_i^n \right) - \Delta p_i \cdot d_i^n \cdot Ca_i^n \right] - \sum_{j=1}^{n} p_j \cdot d_j^n \cdot Ca_j^n \qquad (14.9)$$

unde d_i^r, d_i^n sunt rate a dobânzii capitalului circulant imobilizat în timpul de parcurgere pentru fabricarea unui produs de tip *i* în condiţiile producţiei în sistemul de referinţă, respectiv în sistemul nou (în procente), Ca_i^r, Ca_i^n reprezintă capitalul circulant imobilizat pentru fabricarea unui produs de tip *i* în condiţiile sistemului de referinţă, respectiv în cele ale sistemului nou, Ca_j^n capitalul circulant imobilizat pentru fabricarea unui produs de tip *j* în condiţiile sistemului nou, iar $p_i, \Delta p_i, p_j, r, n$ au semnificaţiile explicitate la relaţia (14.1).

Beneficiul anual datorat diminuării cheltuielilor de manoperă se calculează cu relaţia:

$$B_3 = \sum_{i=1}^{r} \left[p_i \cdot \left(Ch_{mn\,i}^r - Ch_{mn\,i}^n \right) - \Delta p_i \cdot Ch_{mn\,i}^n \right] - \sum_{j=1}^{n} p_j \cdot Ch_{mn\,j}^n \qquad (14.10)$$

unde cu $Ch_{mn\,i}^r, Ch_{mn\,i}^n$ s-a notat cheltuielile de manoperă pentru fabricarea unui produs de tip *i* în cadrul sistemului de referinţă, respectiv în cadrul sistemului nou, iar cu $Ch_{mn\,j}^n$ cheltuielile de manoperă pentru fabricarea unui produs de tip *j* în cadrul sistemului nou, celelalte notaţii au semnificaţiile explicitate la relaţia (14.1).

Beneficiul anual datorat diminuării cheltuielilor de materiale se calculează cu relaţia:

$$B_4 = \sum_{i=1}^{r} \left[p_i \cdot \left(Ch_{mat\,i}^r - Ch_{mat\,i}^n \right) - \Delta p_i \cdot Ch_{mat\,i}^n \right] - \sum_{j=1}^{n} p_j \cdot Ch_{mat\,j}^n \qquad (14.11)$$

unde $Ch_{mat\,i}^r, Ch_{mat\,i}^n$ reprezintă cheltuielile de materiale pentru fabricarea unui produs de tip *i* în cadrul sistemului de referinţă, respectiv în cadrul sistemului nou, iar $Ch_{mat\,j}^n$ cheltuielile de materiale pentru fabricarea unui produs de tip *j* în cadrul sistemului nou, celelalte notaţii sunt identice cu cele utilizate în relaţia (14.1).

Beneficiul anual datorat diminuării cheltuielilor de regie se calculează cu relaţia:

$$B_5 = Ch_{reg}^r - Ch_{reg}^n \tag{14.12}$$

unde cu Ch_{reg}^r, Ch_{reg}^n s-a notat cheltuielile anuale de regie în cadrul sistemului de referinţă, respectiv în cadrul sistemului nou.

Beneficiul anual rezultat prin reducerea rebuturi şi a volumului de lucru de remediere se calculează cu relaţia:

$$B_6 = \sum_{i=1}^{r} \left[\rho_i^r \cdot v_i - \rho_i^n \cdot (v_i + \Delta v_i) \right] - \sum_{j=1}^{n} \rho_j^n \cdot v_j + Ch_{rm}^r - Ch_{rm}^n \tag{14.13}$$

unde s-a notat cu ρ_i^r, ρ_i^n numărul de rebuturi din produsul de tip *i* rezultate în decurs de un an în sistemul de referinţă, respectiv în sistemul nou, cu ρ_j^n numărul anual de rebuturi din produsul de tip *j* rezultate în sistemul nou, iar cu Ch_{rm}^r, Ch_{rm}^n s-au notat cheltuielile anale de remediere în sistemul de referinţă, respectiv în cel nou; celelalte mărimi au semnificaţiile explicitate la relaţia (14.1). Mărimile ρ_i^n, Ch_{rm}^r se calculează din statistici, ρ_i^n, ρ_j^n şi Ch_{rm}^n se apreciază.

Cheltuielile suplimentare legate de realizarea şi funcţionarea sistemului sunt legate de cheltuielile de investiţie şi cele suplimentare de supraveghere Ch_s, de energie Ch_{en}, de materiale auxiliare Ch_{matx}, de întreţinere/supraveghere $Ch_{îr}$.

Cheltuielile de investiţii se calculează cu relaţia:

$$I = C_{ML} + C_{DL} + C_{Sc} + C_{RI} + C_{IA/E} + Ch_{\text{mod}} + Ch_{am} + Ch_{inst} + Ch_{pf} \tag{14.14}$$

unde $C_{ML}, C_{DL}, C_{Sc}, C_{RI}, C_{IA/E}$ sunt costurile maşinilor de lucru, dispozitivelor de lucru, sculelor, roboţilor industriali, instalaţiilor aducătoare/evacuare achiziţionate, $Ch_{\text{mod}}, Ch_{am}, Ch_{inst}, Ch_{pf}$ cheltuielile legate de modernizarea unor echipamente existente, amenajarea spaţiului în care se instalează sistemul, de instalare şi cele cu punerea în funcţiune a sistemului.

Pornindu-se de la cele de mai sus, beneficiul anual suplimentar obţinut prin introducerea sistemului nou în locul sistemului de referinţă va fi:

$$B_S = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 - \frac{I}{A} - Ch_S - Ch_{en} - Ch_{matx} - Ch_{ir} \tag{14.15}$$

unde s-a notat cu *A* numărul anilor de rambursare a investiţiei stabiliţi prin lege sau dorit.

Pentru evaluarea performanţei economice a mai multor variante de sisteme se calculează pentru fiecare dintre ele beneficiul anual suplimentar realizat în raport cu acelaşi sistem de

referinţă. Dintre mai multe variante de sisteme echivalente din punct de vedere tehnic se va alege cel pentru care indicatorul B_S este cel mai mare.

O altă modalitate de evaluare a performanţelor economice ale sistemului se bazează pe calculul timpului de rambursare a investiţiei (ROI – Return Of Investment). Pentru calculul indicatorului aferent acestei modalităţi se calculează A, prin explicitare din relaţia (14.8):

$$A = \frac{I}{B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 - Ch_S - Ch_{en} - Ch_{matx} - Ch_{ir}} \tag{14.16}$$

Se calculează numărul anilor de rambursare A a investiţiei preconizate pentru fiecare variantă de sistem nou, în condiţiile aceluiaşi sistem de referinţă. Dintre variantele sistemelor echivalente din punct de vedere tehnic se alege acea variantă la care indicatorul A este cel mai mic.

Întrebări de autoevaluare

Ce este criteriul economic?

Care sunt factorii care influenţează creşterea productivităţii?

Care este rezultatul creşterii productivităţii?

Rezumat

După ce au fost elaborate mai multe variante tehnice în cadrul sintezei globale a SFF este necesară o departajare a acestora funcţie de criteriul economic.

Criteriul economic folosit în cadrul analizei economice primare îl constituie beneficiul suplimentar anual realizat prin punerea în funcţiune a sistemului de fabricaţie flexibilă, în raport cu fabricaţia în cadrul unui sistem clasic:

$$B_i = E_{mi} + B_{pi} + B_{ci} - \frac{I_i}{A} - \Delta C_{Ii} - \Delta C_{Ei} - \Delta C_{Fi}$$

În cazul în care valoarea beneficiului anual suplimentar obţinut prin punerea în funcţiune a tuturor variantelor de SFF va fi negativă, deci nu se întrevede profit prin implementarea soluţiilor de sisteme propuse, se va renunţa – din punct de vedere economic – la implementarea SFF-ului.

Problemele tehnice au în general mai multe soluţii posibile. Alegerea uneia dintre acestea se face pe considerente economice.

În cadrul sintezei unui sistem de fabricaţie flexibilă se elaborează de regulă mai multe variante de soluţii diferite din punct de vedere tehnic. Dintre ele se va alege pentru realizare cea care este cea mai avantajoasă din punct de vedere economic. Ca urmare pentru a face comparaţia variantelor de soluţii ele trebuie evaluate din punct de vedere economic.

Evaluarea economică a variantelor de sisteme de fabricaţie flexibilă se face de regulă prin comparaţia eficienţei economice a unei variante cu alta sau a tuturor variantelor cu una de bază, care este de obicei varianta sistemului de fabricaţie “clasic”.

Bibliografie

53. Abrudan, I., Sisteme flexibile de fabricaţie – Concepte de proiectare şi management, Editura Dacia, Cluj – Napoca, 1996.
54. Cojocaru, G., Kovacs, FR., Roboţii în acţiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricaţie flexibilă, Editura Facla, Timişoara, 1986.
55. Kovacs, Fr., Cojocaru, G., Roboţii în acţiune. Sisteme flexibile de fabricaţie şi fabricaţia de serie, Ed. Facla, Timişoara , 1985.
56. Kovacs Fr., Ţarcă R., Blaga Fl., Tripe V. A., Sisteme de Fabricaţie Flexibilă, Editura Universităţii din Oradea, 1999.